Die Eisenkonstruktionen des einfachen Hochbaues.

Zum Gebrauch für Schule und Praxis bearbeitet von

R. Lauenstein und **A. Hanser**
Ingenieur — Architekt
Professoren an der Großherzogl. Baugewerkeschule in Karlsruhe.

Erster Teil:
Material und Konstruktionselemente.

Mit 173 Holzschnitten.

Stuttgart 1895.
Verlag der J. G. Cotta'schen Buchhandlung
Nachfolger.

Verlag der J. G. Cotta'schen Buchhandlung Nachfolger in Stuttgart.

	M. ₰.
Aufenheimer, Fr., **Aufgaben über mechanische Arbeit,** für Gewerbeschulen und angehende Techniker elementar bearbeitet. Mit 26 in den Text gedruckten Holzschnitten. Preis geheftet	1.25
Bauernfeind, Carl Max von, **Elemente der Vermessungskunde.** Ein Lehrbuch der praktischen Geometrie. Mit 30 Zahlentafeln und zahlreichen in den Text gedruckten Holzschnitten. Siebente, vielfach vermehrte und verbesserte Auflage. 2 Bände. Preis geheftet .	18.—
— „ — **Vorlegeblätter zur Brückenbaukunde.** Belege zu Vorträgen über Brückenbau und Dispositionen zu Entwürfen neuer Brücken. Mit erläuterndem Texte. In dritter Auflage bearbeitet von W. Frauenholz und G. Asimont, Professoren der Königlichen polytechnischen Schule in München. 2 Hefte. Preis kartoniert	30.—
— „ — **Vorlegeblätter zur Wasserbaukunde.** Mit erläuterndem Texte. Preis geheftet	13.—
Cremona, L., **Elemente der projektivischen Geometrie.** Unter Mitwirkung des Verfassers übertragen von Fr. R. Trautvetter. Mit 214 Textfiguren in Holzschnitt. Preis geheftet	5.—
Dinglers Polytechnisches Journal. Unter Mitwirkung von Professor Dr. C. Engler in Karlsruhe herausgegeben von Ingenieur A. Hollenberg und Prof. Dr. H. Kast. Jährlich 52 Nummern in Quart mit vielen Holzschnitten. Preis pro Quartal . . .	9.—
Fischer, F., **Taschenbuch für Feuerungstechniker.** Kurze Anleitung zur Untersuchung und Beurteilung von Feuerungsanlagen. Zweite, völlig umgearbeitete Auflage. Preis gebunden	3.—
Haase, F. H., **Die Lüftungsanlagen.** Erläuterung der Grundprinzipien, welche bei der Einrichtung von Lüftungsanlagen zu beachten sind, um nicht nur gesunde Luft, sondern auch zugfreien Luftwechsel zu erzielen, nebst kurzer Beleuchtung der verschiedenen Heizungssysteme. Mit 74 Abbildungen im Text. Preis geheftet . . .	3.—
Mayer, Robert, **Die Mechanik der Wärme** in gesammelten Schriften. Dritte ergänzte und mit historisch-litterarischen Mitteilungen versehene Auflage, herausgegeben von Jacob J. Weyrauch. Preis geheftet	10.—
— „ — **Kleinere Schriften und Briefe.** Nebst Mitteilungen aus seinem Leben. Herausgeg. von Jacob J. Weyrauch. Preis geheftet	10.—
Nördlinger, H., **Die technischen Eigenschaften der Hölzer.** Für Forst- und Baubeamte, Technologen und Gewerbetreibende. Preis geheftet	8.40
— „ — **Die gewerblichen Eigenschaften der Hölzer.** Preis kartoniert	2.—

Die

Eisenkonstruktionen

des einfachen Hochbaues.

Zum Gebrauch für Schule und Praxis bearbeitet von

R. Lauenstein und **A. Hanser**
Ingenieur Architekt
Professoren an der Großherzogl. Baugewerkeschule in Karlsruhe.

Erster Teil:

Material und Konstruktionselemente.

Mit 173 Holzschnitten.

Stuttgart 1895.
Verlag der J. G. Cotta'schen Buchhandlung
Nachfolger.

Druck der Union Deutsche Verlagsgesellschaft in Stuttgart.

Vorwort.

Das vorliegende Werk verdankt seine Entstehung in erster Linie dem Umstande, daß die meisten bis jetzt erschienenen Bücher über Eisenkonstruktionen teils zu theoretisch, teils zu umfangreich (und infolgedessen auch zu kostspielig) sind, um dem Unterrichte an technischen Mittelschulen zu Grunde gelegt werden zu können. In zweiter Linie war bei der Bearbeitung der Gedanke maßgebend, das Lehrbuch zu einem handlichen und übersichtlichen Werke so zu erweitern, daß es dem ausführenden Hochbautechniker und Architekten als Ratgeber dienen kann für alle solche Fälle, die er selbständig zu behandeln in der Lage sein sollte. Demgemäß sind alle sogenannten Großkonstruktionen, wie z. B. weit gespannte Bahnhofshallen, Kuppeldächer u. s. w. in unserm Werke nicht mit aufgenommen, da derartige Konstruktionen mehr in das Gebiet des eigentlichen Bauingenieurfaches gehören.

Unsere „Eisenkonstruktionen“ schließen sich den im gleichen Verlage früher erschienenen Lauensteinschen Schriften (Festigkeitslehre, Graphische Statik, Mechanik), deren Kenntnis hier vorausgesetzt wird, eng an. Daher konnte von der Ableitung der aufgeführten Formeln abgesehen werden, und sind diese lediglich als Resultate gegeben. Dagegen ist die richtige Anwendung der Formeln an vielen, direkt der Praxis entnommenen Zahlenbeispielen genügend erläutert.

Die Bedürfnisse des Unterrichts an der Großherzoglichen Baugewerkeschule in Karlsruhe, für welche das Buch zunächst bestimmt wurde, machten es wünschenswert, dieses in zwei gesonderten Teilen erscheinen zu lassen.

Während der vorliegende erste Teil von dem Materiale im allgemeinen, den Konstruktionselementen und der statischen Berechnung der Träger und Stützen handelt, wird der zweite umfangreichere Teil die

im Bau angewandten, sich aus den Elementen zusammensetzenden, so zu sagen ganzen Konstruktionen bringen. Es werden dort hauptsächlich zur Besprechung gelangen: Die Deckenkonstruktionen, Ausführung der Säulen und Stützen, die Fachwerkswände, Erker, Treppen, Dächer und Oberlichtkonstruktionen.

Bei der Bearbeitung des Werkes wurde ein Hauptwert auf klare und scharfe Einteilung des Stoffes und auf Uebersichtlichkeit des Ganzen gelegt, um (was namentlich für den praktischen Architekten wichtig sein dürfte) ein schnelles Auffinden eines gesuchten Gegenstandes möglichst zu erleichtern.

So möge denn das Buch eine freundliche Aufnahme finden und zur Hebung des Interesses, welches den Eisenkonstruktionen in so erfreulicher Weise immer mehr und mehr entgegengebracht wird, das Seinige beitragen.

Karlsruhe, im Januar 1895.

Die Verfasser.

Inhalt.

Abschnitt I.

Das Eisen als Konstruktionsmaterial.

§ 1.

Einleitung.

Das Eisen spielt seit einer Reihe von Jahren im Hochbauwesen eine so wichtige Rolle und gewinnt als Baumaterial noch fortwährend derart an Bedeutung, daß mit Recht die Eisenkonstruktionen des Hochbaues auf Schulen als besonderes Fach behandelt werden und auch in der Litteratur schon längst eine selbständige Stellung einnehmen.

Bei den Holz- und Steinkonstruktionen haben sich im Laufe der Zeit gewisse auf Erfahrung gestützte Regeln herausgebildet, die jedem Hochbautechniker bekannt sind und die in den meisten Fällen ohne weitere Rechnung bei der Ausführung der stets in denselben oder sehr ähnlichen Verhältnissen wiederkehrenden Gebäudeteile angewandt werden können.

Dies ist nicht in gleicher Weise der Fall bei dem Eisen, da einerseits die Erfahrungen (namentlich auch, was die Lebensdauer der Eisenkonstruktionen betrifft) noch verhältnismäßig geringe sind, andrerseits das Eisen aber häufig gerade da zur Anwendung kommt, wo nicht die landläufigen und stets wiederkehrenden Verhältnisse vorliegen, und wo, schon des hohen Preises des Materiales wegen, jeder einzelne Fall für sich zu betrachten und sorgfältig durchzukonstruieren ist.

Für die rationelle Durchbildung der Eisenbauwerke ist es daher notwendig, daß der Hochbautechniker oder Architekt diejenigen Gesetze sich zu eigen macht, welche zur Berechnung der Dimensionen und zur Bestimmung der durch die Natur des Eisens bedingten Formen anzuwenden sind, da eine Unkenntnis dieser Gesetze schon häufig Veranlassung zu mangelhaften und sogar fehlerhaften Ausführungen gewesen ist und noch jetzt ist.

Im vorliegenden Lehrbuche sind nun die Regeln, die beim Entwerfen der einfacheren, im Hochbau vorkommenden Eisenkonstruktionen anzuwenden sind, in elementarer Weise entwickelt und an Beispielen erläutert, wobei besonderer Wert darauf gelegt wurde, von den Entwickelungen nur so viel zu geben, als dem Hochbautechniker für den praktischen Gebrauch wirklich nötig ist. Rein

theoretische Untersuchungen sollen daher gänzlich ausgeschlossen werden. Dagegen ist in genügender und zweckentsprechender Weise Rücksicht genommen auf architektonische Formenbildung, namentlich der Säulen, Ladenständer, Treppen und Konsolen.

§ 2.

Eigenschaften und Verwendung des Eisens.

Das technisch dargestellte und in den Handel gebrachte Eisen zerfällt bekanntlich je nach dem größeren oder geringeren Gehalt an Kohlenstoff in Gußeisen, Stahl, Schmiedeisen.

Diese Eisensorten besitzen gewisse Eigenschaften, durch welche die Verwendung derselben bedingt ist.

Gußeisen. Das Gußeisen läßt sich leicht formen und gießen, erträgt einen verhältnismäßig hohen Druck, besitzt dagegen nur geringe Zugfestigkeit. Es eignet sich daher hauptsächlich für solche Konstruktionsteile, die auf ruhigen Druck in Anspruch genommen werden und bei denen elegantere Formen erwünscht sind (wie z. B. Säulen, Stützen, Konsolen u. s. w.), oder die ihrer Form nach sich nur schwer oder überhaupt nicht schmieden lassen. Für Teile dagegen, welche auf Zug beansprucht werden, auch für solche, welche heftigen Stößen und Erschütterungen ausgesetzt sind, ist stets das Schmiedeisen dem Gußeisen vorzuziehen.

Verschiedene Umstände können auf das Gelingen des Gusses einen nachteiligen Einfluß ausüben. Besonders aufzuführen sind hier das Schwinden (das Maß, um welches sich das Eisen beim Erkalten zusammenzieht), Gasentwickelung und ungleichmäßige Abkühlung. Durch Gasentwickelung entstehen im Innern des Gußstückes leicht Blasen; infolge von ungleichmäßiger Abkühlung treten oft innere Spannungen ein, namentlich ist dies letztere der Fall bei Gußteilen, deren Querschnittsdimensionen sehr verschieden sind.

Da derartige Fehler äußerlich meist gar nicht erkennbar sind, häufig aber schon Veranlassung zu Brüchen waren, so ist das Gußeisen als ein in mancher Beziehung wenig zuverlässiges Material zu bezeichnen, und man hat in letzterer Zeit mit Recht davon Abstand genommen, dasselbe im Baufache in so ausgedehntem Maße anzuwenden (wie z. B. zu Trägern, den gedrückten Teilen der eisernen Dächer und Brücken u. s. w.), als das in früheren Jahren geschah.

Stahl. Der Stahl wird trotz seiner großen Festigkeit doch nur verhältnismäßig wenig im Hochbau verwandt, hauptsächlich wohl aus dem Grunde, da er wegen seiner großen Härte schwieriger zu bearbeiten ist, sich auch nicht so gut schweißen läßt als das Schmiedeisen, und wegen seiner größeren Sprödigkeit empfindlicher gegen Stöße und Erschütterungen ist.

Man findet deshalb meist nur untergeordnete kleinere Konstruktionsteile, als z. B. Bolzen, Keile u. dergl., aus Stahl angefertigt. (Ebenso häufig und vielleicht noch häufiger werden diese Teile aber auch aus Schmiedeisen hergestellt.)

Das Schmiedeisen findet sowohl als Schweißeisen (Puddeleisen), sowie als Flußeisen die ausgedehnteste Verwendung als Konstruktionsmaterial des Hochbaues. Es ist in seinen Eigenschaften abhängig von einer Reihe von Umständen, die bei seiner Herstellung und weiteren Bearbeitung obgewaltet haben. Schmiedeisen.

Die hier in Frage kommenden Eigenschaften sind außer Schmiedbarkeit und Schweißbarkeit hauptsächlich die Festigkeit gegen Zug oder Druck, die Elasticität und die Zähigkeit. Unter letzterer versteht man den Widerstand, welchen das Eisen nach Ueberschreiten der Elasticitätsgrenze dem Zerreißen entgegensetzt; sie wird ermittelt durch Zerreißversuche und ausgedrückt entweder durch die Dehnung oder durch die Kontraktion, wovon weiter unten in § 4 die Rede sein wird.

Im allgemeinen besitzt das Flußeisen eine größere Festigkeit und Elasticität als das Schweißeisen, letzteres zeichnet sich dagegen durch größere Zähigkeit und Schweißbarkeit aus.

Bei einer und derselben Eisensorte wird durch fortgesetzte Bearbeitung, solange dadurch eine Querschnittsverdünnung bewirkt wird, die Festigkeit gesteigert (und zwar durch Ausschmieden mehr als durch Auswalzen), die Dehnungsfähigkeit dagegen verringert.

Bei dem Walzeisen hängt die Festigkeit, außer von der Materialsorte, auch noch ab von der Walzrichtung und von der Querschnittsform des Arbeitsstückes. Die Festigkeit in der Walzrichtung ist stets größer als senkrecht zu derselben. Von den verschiedenen durch Walzen hergestellten Querschnitten zeigt der runde und der quadratische Querschnitt die größte, Blech die geringste Festigkeit gegen Zug. Ungünstige Querschnittsformen in Bezug auf Festigkeit sind ferner, des schwierigen Walzens wegen, die T- und I-Profile.

Im allgemeinen besitzen diejenigen Eisensorten, deren Festigkeit relativ groß ist, nur geringe Zähigkeit; umgekehrt pflegt große Zähigkeit mit geringerer Festigkeit gepaart zu sein. Nur ganz vorzügliches Eisen zeigt neben bedeutender Festigkeit auch große Zähigkeit.

Das Flußeisen, welches gegenwärtig von den meisten Walzwerken zur Herstellung der sog. Façoneisen (I-, ⊏-, Z-, ⊥-Eisen u. s. w.), der Winkeleisen, Flacheisen und vielfach auch der Bleche fast ausschließlich verarbeitet wird, eignet sich vorzüglich für solche Konstruktionsteile, die entweder ohne weitere Bearbeitung in abgeschnittenen bestimmten Längen verwandt werden (wie z. B. Träger aus I- oder ⊏-Eisen), oder die bei Verbindungen nur vernietet oder verschraubt, dagegen nicht geschweißt werden.

Das Schweißeisen, oder das ebenfalls ausgezeichnet schmied- und schweißbare basisch hergestellte weiche Martineisen, wird als das geeignetste Material benutzt für solche Teile, welche aus den im Handel vorkommenden Eisensorten (Flacheisen, Vierkant-, Rundeisen u. s. w.) zu besonderen Formen weiter auszuschmieden, bezw. auch zu schweißen sind.

Die Niete werden, weil sie starke Formänderungen auszuhalten haben, immer aus dem besten weichen Schweißeisen hergestellt.

§ 3.

Die Beanspruchung des Eisens.

Formänderungen. Die durch äußere Kräfte (die Belastungen) beanspruchten Konstruktionsteile erleiden stets Formänderungen, die entweder vorübergehend oder bleibend sein können.

Die vorübergehenden Formänderungen sind den wirkenden Kräften proportional; sie verschwinden wieder, sobald die Kräfte zu wirken aufhören, und der betreffende Konstruktionsteil nimmt vermöge der Elasticität des Materiales seine ursprüngliche Form wieder an.

Elasticitätsgrenze und Bruchgrenze. Bei genügender Vergrößerung der Kräfte wird die Elasticitätsgrenze erreicht, nach deren Ueberschreitung die Formänderungen (z. B. Dehnung und gleichzeitige Kontraktion bei Zugbeanspruchung) bleibend werden, bis schließlich durch weitere Steigerung der äußeren Kräfte bis zur Bruchgrenze die Zerstörung des Materiales erfolgt.

In der Praxis handelt es sich nun weniger um die Bruchfestigkeit, d. i. diejenige Kraft pro Quadratcentimeter, welche den Bruch herbeiführen würde, sondern vielmehr um die zulässige Inanspruchnahme. Darunter versteht man diejenige Kraft pro Quadratcentimeter, welche auf die Dauer und mit Sicherheit dem Materiale zugemutet werden kann.

Zulässige Beanspruchung.

Das Verhältnis der zulässigen Inanspruchnahme zu der Bruchfestigkeit bezeichnet man als Sicherheitsgrad, der bei praktischen Konstruktionen zu etwa $^1/_4$ bis $^1/_5$ angenommen wird, d. h. man wählt die zulässige Inanspruchnahme so, daß für die ausgeführten Konstruktionen eine 4- bis 5fache Sicherheit gegen Bruch vorhanden ist.

Sicherheitsgrad.

Durch eine so niedrig angenommene zulässige Inanspruchnahme sichert man sich gegen allerlei Zufälligkeiten, die unter Umständen eintreten können (Mängel des Materiales, Unvollkommenheit der Ausführung u. s. w.); auch sind dadurch in den meisten Fällen die Schwingungen genügend berücksichtigt, die durch eventuellen Spannungswechsel in dem Materiale entstehen.

Für solche Konstruktionen, welche einem plötzlichen und häufigen Belastungswechsel unterworfen sind, z. B. für Deckenkonstruktionen, oder für solche, welche heftige Erschütterungen zu ertragen haben, z. B. Tanzsäle, Magazine u. s. w., nimmt man die zulässige Inanspruchnahme wohl etwas geringer ($^2/_3$ bis $^3/_4$), als bei den durch ruhende Belastungen beanspruchten Konstruktionen, oder aber man rechnet mit den gewohnten üblichen Werten der Inanspruchnahme und führt dafür größere z. B. $1^1/_2$fache Lasten ein.

Elasticitätsmodul. Außer der Beanspruchung spielt noch der Elasticitätsmodul des Materiales bei der Berechnung der Konstruktionen eine höchst wichtige Rolle, für welchen vielfach folgende Erklärung, als die am leichtesten faßliche gegeben wird:

Der Elasticitätsmodul ist diejenige in der Achsenrichtung wirkende Kraft, bei welcher ein Stab von 1 qcm Querschnitt um seine eigene Länge

ausgedehnt oder zusammengedrückt würde, vorausgesetzt, daß die Elasticitätsgrenze dabei nicht überschritten würde, und daß das Material eine solche Formänderung überhaupt zuließe.

Die üblichen Mittelwerte für die zulässige Inanspruchnahme auf Zug und Druck, für die Bruchfestigkeit und für den Elasticitätsmodul, bezogen auf Centimeter und Kilogramm, desgleichen für das Gewicht eines Kubikmeters in Kilogramm der verschiedenen Eisensorten sind in folgender Tabelle zusammengestellt.

Material	Zulässige Inanspruchnahme k		Bruchfestigkeit K		Elasticitätsmodul E	Gewicht eines Kubikmeters γ
	Zug	Druck	Zug	Druck		
Gußeisen . .	250	500	1200	6000	1000000	7200
Schmiedeisen	750	750	4000	3000	2000000	7800
Stahl	1200	1200	6000	6000	2000000	7800

Die zulässige Inanspruchnahme auf Abscherung nimmt man zu $^4/_5$ der zulässigen Inanspruchnahme auf Zug oder Druck, wobei der kleinere Wert maßgebend ist. Scherspannung.

$$\mathbf{t = {}^4/_5\, k}$$

Z. B. bei Gußeisen:

$$t = {}^4/_5 \,.\, 250 = 200.$$

Die Ausdehnung durch die Wärme beträgt für je 1° C.: Ausdehnung durch Wärme.

bei Gußeisen und Stahl $^1/_{90000}$ der Länge

bei Schmiedeisen . . . $^1/_{80000}$ der Länge,

z. B. würde sich ein schmiedeiserner 10 m = 1000 cm langer Träger bei 400° Temperaturerhöhung (bei einem Brande) ausdehnen um:

$$\frac{1000 \,.\, 400}{80000} = 5 \text{ cm}.$$

§ 4.

Die Prüfung des Eisens.

Je nach der Verschiedenheit der Ansprüche, die an das Eisen gestellt werden, und je nach dem Zwecke, für welchen dasselbe bestimmt ist, bestehen besondere Prüfungsmethoden, die mehr oder weniger geeignet sind, sich von der Güte und Brauchbarkeit des Materiales zu überzeugen.

Die Prüfung, die entweder mit ganzen Gebrauchsstücken oder mit einzelnen aus diesen herausgeschnittenen kleineren Teilen vorgenommen wird, ist

um so wichtiger, je größer der durch ungenügende Beschaffenheit des Materiales entstehende Schaden, bezw. die durch einen Bruch desselben herbeiführte Gefahr werden kann.

Gußeisen. Bei der Prüfung von Gußeisen wird man, um sich ein Urteil über die Beschaffenheit des Materiales selbst zu bilden, zunächst die frische Bruchfläche untersuchen. Je dunkler die Farbe und je grob-krystallinischer das Gefüge ist, desto größer ist der Graphitgehalt, und desto weicher pflegt das Eisen zu sein, während helle Farbe und feinkörniges oder strahliges Gefüge auf große Härte und Sprödigkeit schließen lassen.

Weitere, bei den fertigen Gußstücken vorzunehmende Prüfungen erstrecken sich auf genaue Beobachtung der Oberfläche. Die an ein gutes Material zu stellenden Bedingungen sind folgende: Die Gußstücke müssen eine saubere, fehlerfreie Oberfläche haben, es dürfen sich keine Löcher und Blasen bei der Bearbeitung (Drehen, Hobeln u. s. w.) zeigen, die Gußnähte müssen fein, und die Konturen scharf ausgegossen sein. Ferner sollen sich, wenn nicht Hartguß vorliegt, die Gußstücke mit der Feile und dem Meißel gut bearbeiten lassen.

Die gußeisernen Säulen und Stützen werden außerdem noch einer besonderen Probe unterzogen, die in einem späteren Abschnitt unter „Säulen" speziell aufgeführt ist.

Schmiedbares Eisen. Die Prüfung des Schmiedeisens und Stahles ist erheblich schwieriger als die des Gußeisens. Die frische Bruchfläche gibt zwar einigen Aufschluß über das Material, indes keinen sichern, da durch geringe Mengen fremder Bestandteile das Aussehen kaum beeinflußt, das Eisen in seinen Eigenschaften aber oft stark verändert wird. Im allgemeinen kann man sagen, daß helle Farbe und geringer Glanz, dunkle Farbe und starker Glanz bei gutem Eisen vereint sein müssen.

Wird der Bruch des vorher durch Feilen eingekerbten Eisens durch einen einzigen scharfen Schlag über die Amboßkante herbeigeführt, so zeigt alles Eisen ein körnig krystallinisches Gefüge. Ist dieses gleichmäßig feinkörnig und ohne unganze Stellen, so ist das Eisen im allgemeinen als gut zu bezeichnen. Das Gefüge wird um so feiner, je kohlenstoffreicher das Eisen ist und erreicht bei den harten Stahlsorten eine solche Feinheit, daß die Bruchfläche ein förmlich sammetartiges, seidenglänzendes Aussehen annimmt.

Wird der Bruch durch wiederholtes langsames Umbiegen hervorgerufen, so läßt sich das Schweißeisen sofort als solches an dem zackigen, hakigen Bruch und dem sehnigen, faserigen Gefüge erkennen und ist nicht leicht mit andern Eisensorten zu verwechseln. Je feiner, gleichmäßiger und seidenartiger die Fasern erscheinen, je weniger Schlackenteilchen sichtbar sind, desto besser ist im allgemeinen das Eisen.

Rotbrüchiges Eisen, welches leicht im erhitzten Zustande beim Schmieden bricht, erkennt man an der dunklen Farbe und den groben, wenig glänzenden Sehnen.

Bei dem kaltbrüchigen Eisen, welches bei der Bearbeitung leicht

in der Kälte bricht, dagegen sich gut schmieden läßt, zeigt sich der Bruch zwar glänzend, aber von grobem Korn und ungleichmäßig schieferig.

Die Härteprobe ist am Platze zur Unterscheidung der härteren Flußeisensorten von Stahl, welcher deutlich härtbar ist, während Eisen sich nicht härten läßt. Das Flußeisen hat nämlich immer körnige Textur und die härteren Sorten desselben sind nach dem Aussehen der Bruchfläche oft nicht leicht von Stahl zu unterscheiden.

Sehr wichtig ist die Untersuchung der Arbeitseigenschaften des Eisens durch praktische Proben. Das Eisen wird dabei durch Schmieden, Schweißen, Stauchen, Biegen in kaltem und rotwarmem Zustande, durch Lochen, Bohren u. s. w. geprüft, und je besser dasselbe alle diese Operationen aushält, ohne rissig oder brüchig zu werden, um so vorzüglicher ist es.

Auf das Biegen in gewöhnlicher Temperatur wird vorzugsweise dann besonderer Wert gelegt, wenn große Zähigkeit von dem Eisen verlangt wird. Bei den Biegeproben in rotwarmem Zustande, die gewöhnlich nur mit solchen Stücken vorgenommen werden, bei denen eine spätere Bearbeitung durch Schmieden und Schweißen erforderlich ist, muß berücksichtigt werden, daß man an die härteren Eisensorten nicht dieselben Anforderungen stellen darf, als an ein weiches kohlenstoffarmes Schmiedeisen, für welches die Warmbiegproben überhaupt mehr geeignet sind.

Die Schlagprobe ist dann sehr zweckmäßig, wenn es darauf ankommt, die Widerstandsfähigkeit des Eisens gegen Stöße und Erschütterungen zu prüfen. Einzelne ganze Gebrauchsgegenstände werden dabei an den Enden gelagert und in der Mitte durch einen schweren, aus bestimmter Höhe herabfallenden eisernen Klotz (den Bären) geschlagen. Die Güte des Materiales läßt sich beurteilen aus der Größe der Durchbiegung nach den einzelnen Schlägen, aus der Fallhöhe des Bären, und aus der Anzahl der Schläge bis zum Bruche des Arbeitsstückes.

Die Dehnungs- und Zerreißproben spielen eine höchst wichtige Rolle für alle Eisenteile, die später als Konstruktionsteile auf Zug beansprucht werden.

Diese Proben bestehen darin, daß man einen kalt von dem zu untersuchenden Eisen abgetrennten und kalt bearbeiteten Stab von genau gemessenem Querschnitt und vorgezeichneter Länge einer allmählich steigenden Belastung unterwirft und gleichzeitig die Veränderungen seiner Form beobachtet.

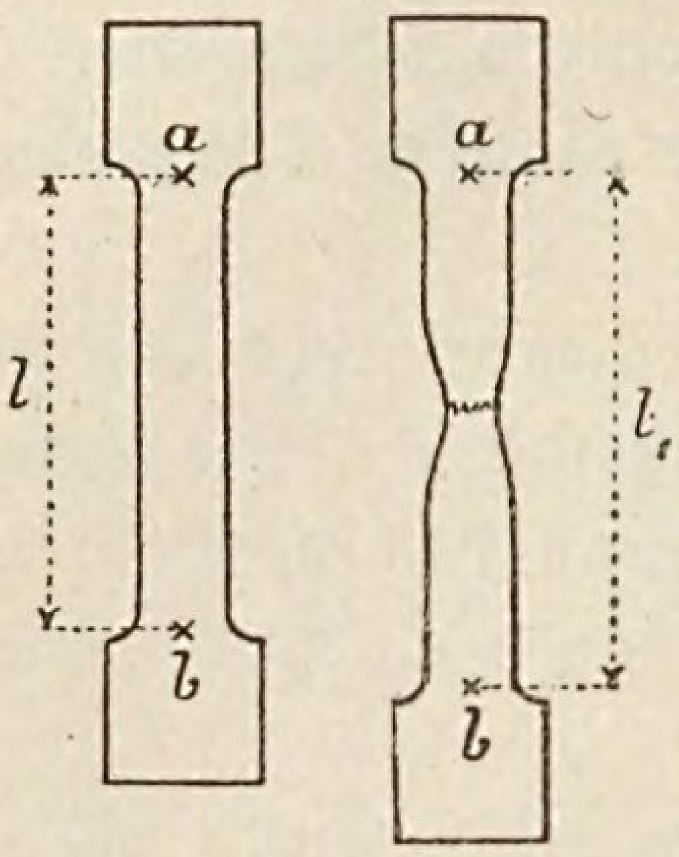
Aus der Belastung, bei welcher der Stab zerreißt, ergibt sich die Zugfestigkeit des Materiales.

Vor dem Bruche dehnt sich der Stab aus und erfährt an der nachherigen Bruchstelle eine Einschnürung.

Das Verhältnis der Verlängerung zu der ursprünglichen Länge bezeichnet man als Dehnung, die in Hundertstel der ursprünglichen Länge angegeben wird. Ist also l die anfängliche Länge zwischen den vorgezeichneten Punkten a und b (Fig. 1), und l_1 die Länge zwischen eben diesen Punkten nach dem

Bruche, die nach genauem Zusammenfügen der beiden Stücke gemessen werden kann, so ist:

Fig. 1.



$$\text{die Dehnung} = \frac{l_1 - l}{l};$$

z. B. für $l = 20$ cm und $l_1 = 22$ cm wird:

$$\text{die Dehnung} = \frac{22 - 20}{20} = \frac{1}{10} = 10\,\%.$$

Die Kontraktion, die gleichfalls in Hundertstel des Anfangsquerschnittes angegeben wird, erhält man durch Vergleichung des Bruchquerschnittes mit dem ursprünglichen Querschnitt.

Dehnung und Kontraktion werden als Maß für die Zähigkeit des Materials betrachtet; ob aber durch die Dehnung oder durch die Kontraktion die zuverlässigsten Resultate erhalten werden, darüber sind die Meinungen noch geteilt.

Die Länge $l = ab$ wird gewöhnlich zu 20 cm angenommen. Wie stark der Querschnitt des Zerreißstabes gewählt werden kann, hängt davon ab, wie viel Kraft die zur Verfügung stehende Zerreißmaschine auszuüben im stande ist.

Prüfung gewalzter Träger.

Die Untersuchung der schmiedeisernen gewalzten Träger beschränkt sich meist auf eine sorgfältige äußere Besichtigung und allenfalls auf eine mit einzelnen, beliebig herausgegriffenen Stücken vorgenommene Belastungsprobe.

Stücke, welche bei der (vor einem etwaigen Anstrich vorzunehmenden) Besichtigung fehlerhafte Stellen, Abblätterungen und Risse zeigen, werden von der Abnahme ausgeschlossen. Rissige Stücke erkennt man beim Gegenschlagen mit dem Hammer meist schon am Klange.

Die für die Belastungsprobe bestimmten Träger werden in derselben Weise unterstützt, und ebenfalls in derselben Weise (z. B. durch gleichförmig verteilte Belastung oder durch Einzellasten), aber doppelt so stark belastet, wie später im Gebrauchszustande und müssen diese Belastung ertragen können, ohne dabei eine bleibende Durchbiegung zu erfahren.

§ 5.

Besondere staatlich vorgeschriebene Prüfungsbedingungen.

A. Gußeisen.

Die aus Gußeisen bestehenden Teile müssen, wenn nicht andere Gattierungen ausdrücklich vorgeschrieben sind oder Hartguß vorliegt, aus grauem weichen Eisen sauber und fehlerfrei hergestellt sein.

Die Zugfestigkeit soll mindestens 1200 kg pro Quadratcentimeter betragen.

Es muß möglich sein, mittels eines gegen eine rechtwinklige Kante des Gußstückes mit dem Hammer geführten Schlages einen Eindruck zu erzielen, ohne daß die Kante abspringt.

Ein unbearbeiteter quadratischer Stab von 3 cm Seite, auf zwei, 1 m voneinander entfernten Stützen liegend, muß eine allmählich bis zu 450 kg zunehmende Belastung in der Mitte aufnehmen können, bevor er bricht.

B. Schweißeisen.

Das Eisen soll dicht, gut stauch- und schweißbar, weder kalt- noch rotbrüchig, noch langrissig sein, eine glatte Oberfläche zeigen und darf weder Kantenrisse, noch offene Schweißnähte oder sonstige unganze Stellen haben.

1. Zerreißproben.

Es müssen mindestens betragen:

a) Bei Flacheisen, Winkeleisen, Façoneisen und Blechen, welche im wesentlichen nur in der Längsrichtung beansprucht werden,

Zugfestigkeit = { 3600 kg pro qcm bei einer Dicke von 1 cm und weniger
3500 „ „ „ „ „ „ „ 1 cm bis 1,5 cm
3400 „ „ „ „ „ „ „ 1,5 cm bis 2,5 cm

Dehnung bis zum Bruche in allen Fällen = 12 %.

b) Bei Blechen mit ausgesprochener Längsrichtung, welche vorwiegend Biegungsspannungen aufzunehmen haben, z. B. bei Stegblechen von Blechträgern,

in der Längsrichtung { Zugfestigkeit = 3500 kg pro Quadratcentimeter,
Dehnung = 10 %,

in der Querrichtung { Zugfestigkeit = 2800 kg pro Quadratcentimeter,
Dehnung = 3 %.

c) Bei Blechen ohne ausgesprochene Längsrichtung, welche vorwiegend durch Spannungen in verschiedenen Richtungen beansprucht sind, wie z. B. bei Anschlußblechen,

in der Walzrichtung { Zugfestigkeit = 3500 kg pro Quadratcentimeter,
Dehnung = 10 %,

in der Querrichtung { Zugfestigkeit = 3000 kg pro Quadratcentimeter,
Dehnung = 4 %.

d) Bei Eisen für Niete, Schrauben u. dergl.

Zugfestigkeit in der Längsrichtung = 3800 kg pro Quadratcentimeter,
Dehnung bis zum Bruche = 18 %.

Diese Mindestbeträge der Zugfestigkeit sind so zu verstehen, daß die Versuchsstücke die angegebenen Spannungen für die Dauer von zwei Minuten ertragen müssen, ohne zu reißen.

Die Dehnung ist auf eine Länge von 20 cm zu messen.

2. Sonstige Proben.

a) Bei Flacheisen, Winkeleisen, Façoneisen und Blechen: Ausgeschnittene Längsstreifen von 3 bis 5 cm Breite, mit abgerundeten Kanten, müssen über eine Rundung von 1,3 cm Halbmesser winkelförmig gebogen werden können, ohne daß sich an der Biegungsstelle ein Bruch im metallischen Eisen zeigt. Der Winkel α, welchen ein Schenkel bei der Biegung zu durchlaufen hat, soll betragen:

für Biegung in kaltem Zustande:

$\alpha = 50^0$ bei einer Eisenstärke $\delta = 0{,}8$ cm bis 1,1 cm
$\alpha = 35^0$ " " " $\delta = 1{,}2$ " " 1,5 "
$\alpha = 25^0$ " " " $\delta = 1{,}6$ " " 2,0 "
$\alpha = 15^0$ " " " $\delta = 2{,}1$ " " 2,5 "

für Biegung in dunkelkirschrotem Zustande:

$\alpha = 120^0$ bei einer Eisenstärke δ bis 2,5 cm
$\alpha = 90^0$ " " " δ über 2,5 cm.

In rotwarmem Zustande muß ein auf kaltem Wege abgetrennter, 3 bis 5 cm breiter Streifen eines Winkeleisens, Flacheisens oder Bleches mit der parallel zur Faser geführten, nach einem Halbmesser von 1,5 cm abgerundeten Hammerfinne bis auf das $1^1/_2$fache seiner Breite ausgebreitet werden können, ohne Spuren von Trennung im Eisen zu zeigen.

b) Bei Nieteisen:

Nieteisen soll, kalt gebogen und mit dem Hammer zusammengeschlagen, eine Schleife mit einem lichten Durchmesser gleich dem halben Durchmesser des Rundeisens bilden können, ohne Spuren einer Trennung an der Biegungsstelle zu zeigen.

Ein Stück Nietrundeisen muß auf eine Länge gleich dem doppelten Durchmesser im warmen, der Verwendung entsprechenden Zustande bis auf ein Drittel der Länge sich zusammenstauchen lassen, ohne am Rande rissig zu werden.

§ 6.

Schutz des Eisens gegen Zerstörung durch Rost.

Zum Schutze des Eisens gegen Rosten, dem namentlich das Schmiedeeisen, weniger das Gußeisen ausgesetzt ist, werden verschiedene Mittel angewandt, die sämtlich in der Herstellung einer dünnen, auf das Eisen gebrachten und die Einwirkung der atmosphärischen Einflüsse abhaltenden dichten Hülle bestehen.

Sehr wesentlich für die Wirksamkeit aller dieser Mittel ist, daß die schützende Hülle auf metallisch reines Eisen gebracht wird, denn befinden sich unter der Hülle Rostteilchen, so teilt sich der Sauerstoffgehalt derselben dem anschließenden Eisen mit, wodurch eine Volumvergrößerung eintritt. Die schützende Hülle wird dadurch leicht gesprengt und unwirksam gemacht.

Um die Oberfläche des Eisens metallisch rein zu erhalten, bezw. um bereits entstandenen Rost zu beseitigen, kann folgendes Verfahren angewandt werden, welches zwar wirksam, indes nicht billig ist.

Man überstreicht, um den Rost zu lösen, das Eisen zuerst mit verdünnter Salzsäure, bürstet darauf den gelösten, sog. reifen Rost, welcher in Form von feinen braunen Nadeln auf der Oberfläche erscheint, mit Drahtbürsten, Bimsstein oder Torf sorgfältig ab, wäscht zur Neutralisierung der etwa noch anhaftenden Säure das Eisen mit Kalkwasser, darauf mit reinem heißem Wasser ab und versieht schließlich dasselbe nach Trocknung und mäßiger Erwärmung mit einem wiederholten Anstrich von kochendem Leinöl. Reinigung der Oberfläche.

Das gebräuchlichste Rostschutzmittel bei den sichtbar bleibenden Eisenteilen ist ein zweimaliger Anstrich mit Oelfarbe nach vorausgegangener Grundierung mit Bleimennige; bei den unsichtbar bleibenden Teilen fällt der Oelfarbenanstrich fort und es wird nur eine Grundierung mit Bleimennige vorgenommen, oder es erfolgt überhaupt kein Anstrich, welcher namentlich dann entbehrlich erscheint, wenn das Eisen von Cement oder Beton vollständig umschlossen und dadurch schon den atmosphärischen Einflüssen entzogen ist. Jedenfalls sollte der Anstrich mit Mennige vor Aufstellung der Konstruktion gründlich trocken und erhärtet sein. Kann man bei eiligen Arbeiten die vollständige Trocknung des Mennigeanstriches (die immerhin längere Zeit in Anspruch nimmt) nicht abwarten, so empfiehlt sich wohl die Verwendung schneller trocknender Farbstoffe, wie z. B. der Diamantfarbe (fein gemahlener Graphit mit gekochtem Leinöl und Terpentin), die in letzterer Zeit sehr in Aufnahme gekommen ist und sich auch recht gut bewährt hat. Desgleichen ist Rathjen's Patentkomposition als schnell trocknende Farbe zu erwähnen, die für Anstriche über und unter Wasser ausgezeichnete Dienste leistet. Anfänglich wurde diese Komposition (eine mit Spiritus angemachte Farbe) nur für den Anstrich eiserner Schiffe benutzt, ist jedoch in neuerer Zeit auch für eiserne Träger, Brücken u. dergl. vielfach zur Verwendung gekommen. Anstrich.

Gas- und Wasserleitungsröhren, die in der Erde verlegt werden, auch wohl andern untergeordneten Zwecken dienende und unsichtbar bleibende Eisenteile erhalten vielfach einen Anstrich von heißem Steinkohlenteer oder Asphalt. Auch ein mehrfacher Anstrich von Portlandcement ist erfolgreich angewandt.

Kleinere Eisenteile (wie z. B. Rinneneisen u. dergl.), sowie auch größere von geringer Dicke, namentlich glatte Bleche und Wellbleche, die den Witterungseinflüssen stark ausgesetzt sind, werden am sichersten gegen Rosten geschützt durch Verzinkung (Galvanisierung). Vermöge des elektrischen Verhaltens des Zinkes gegen Eisen wird sogar die Rostbildung auch dann noch verhindert, wenn einzelne Stellen der Eisenoberfläche freiliegen und nicht vom Zinke bedeckt sind. Die vorher erwärmten Stücke, die bei den jetzigen Verzinkungseinrichtungen bis 5 m lang und 3 m breit sein können, werden dabei in ein Bad von geschmolzenem Zink, über dem eine Schicht von Salmiak steht, getaucht und so lange darin gelassen, bis das Eisen die Temperatur des Zinkes Galvanisierung oder Verzinkung.

angenommen hat. Zu erwähnen ist noch dabei, daß auf galvanisiertem Eisen ein späterer Farbeanstrich nicht gut haftet.

Ferner ist zu beachten, daß galvanisiertes Eisenblech kein Löten und Falzen verträgt, da hierdurch die schützende Hülle beschädigt wird.

Verzinnen.

Ein weniger sicheres Mittel gegen Rosten als das Verzinken ist das bei dünnen Eisenblechen vielfach übliche Verzinnen, welches nebenbei auch die Hervorbringung eines schöneren Aussehens zum Zweck hat. Das Verzinnen kommt übrigens für Teile der eigentlichen Baukonstruktionen gewöhnlich nicht zur Anwendung.

Einzelne der im Hochbau verwandten Eisenteile, wie z. B. die auf die Klosettrohre gesetzten Schalen, werden emailliert, ein zwar wirksames, indes nicht billiges Schutzmittel gegen Rosten.

Barff'sches Verfahren.

In neuerer Zeit kommt das sog. Barff'sche oder Inoxydationsverfahren, welches darin besteht, daß das Eisen überhitzten Wasserdämpfen ausgesetzt wird, als Rostschutzmittel immer mehr und mehr in Aufnahme. Durch die vereinigte Wirkung der Wärme und des Dampfes überzieht sich dabei das Eisen mit einer dünnen Schicht von Eisenoxyduloxyd, welche einen vollkommenen Schutz gewährt sowohl gegen die Einflüsse der Witterung als auch gegen die zerstörende Wirkung saurer Grubenwässer.

§ 7.

Schutz des Eisens gegen Feuersgefahr.

Man pflegt als feuersicher solche Konstruktionen zu bezeichnen, bei denen dem Entstehen eines Brandes sowohl, als auch dem Umsichgreifen eines bereits entstandenen Schadenfeuers ein durch das verwendete Material bedingter natürlicher Widerstand entgegengesetzt wird.

Diesen Bedingungen entspricht in hohem Maße das Eisen, welches an und für sich insofern als ein absolut feuersicheres Material angesehen werden kann, als es selbst nicht brennbar ist und dem Feuer keine Nahrung bietet.

Damit ist jedoch keineswegs gesagt, daß die in Eisen ausgeführten Konstruktionen nicht durch Feuer zerstört werden können, auch wenn dabei alles Holzwerk vermieden ist, weil einerseits das Eisen in der Glühhitze seine Festigkeit größtenteils verliert und dann unter der Einwirkung der Lasten nach vorausgegangener starker Durchbiegung zusammenbricht, andrerseits dasselbe durch die Wärme eine Ausdehnung erfährt, welche, wenn nicht besondere Vorsichtsmaßregeln getroffen werden, leicht eine vollständige Zerstörung der angrenzenden Konstruktionsteile zur Folge haben kann.

Zweckmäßige Anordnung.

Mit Rücksicht auf den letzteren Umstand sind deshalb die Eisenkonstruktionen so aufzustellen, daß eine durch beispielsweise 800° Temperaturerhöhung (die bei stärkeren Bränden wohl entstehen dürfte) bewirkte Ausdehnung der einzelnen Teile ungehindert eintreten kann, ohne die benachbarten Teile dadurch in direkte

Mitleidenschaft zu ziehen. In den Umfassungswänden sind aus dem gleichen Grunde vor den Köpfen der Träger Kammern auszusparen.

Sehr wesentlich für die Sicherheit gegen Feuersgefahr ist es ferner, die Anordnungen so zu treffen, daß die Eisenteile den Flammen möglichst wenig Fläche darbieten, eventuell durch Umkleidung mit schlechten Wärmeleitern vor übermäßiger Erhitzung geschützt werden. Bei Decken, bestehend aus eisernen Trägern mit zwischengespannten Steinkappen, sollten daher, wenn Unterzüge zur Verwendung kommen, die Kappenträger womöglich nicht *auf* diese gelegt, sondern *zwischen* denselben so angeordnet werden, daß die unteren Flantschen der Unterzüge und der Kappenträger in einer Ebene liegen.

Verkleidung der Träger und Unterzüge.

Zur weiteren Sicherheit können bei solchen Gebäuden, in denen große Mengen brennbarer Stoffe aufgehäuft liegen (wie z. B. in Speichern, Magazinen u. a.), die unteren Flantschen der Träger und Unterzüge, sowie die an den Stirnseiten der Kappen freibleibenden Flächen der Unterzüge durch schlechte Wärmeleiter (Cement, Chamotte u. dergl.) umkleidet und so der direkten Einwirkung der Flammen entzogen werden. Bei Gebäuden, in denen sich größere Mengen brennbarer Stoffe nicht befinden (Wohngebäude, Kirchen, Maschinenfabriken u. s. w.), erscheint eine solche Bekleidung entbehrlich.

Ummantelung der Säulen.

Ob es unter allen Umständen erforderlich ist, auch die Säulen und Stützen zu umkleiden, läßt sich a priori nicht entscheiden; es sind auch darüber die Meinungen bis jetzt noch geteilt. Daß bei einigen größeren Bränden die nicht umkleideten eisernen Säulen zum großen Teil zerstört sind, ist noch kein Beweis für die Behauptung, daß ummantelte Säulen unter denselben Umständen dem Feuer erfolgreich widerstanden hätten. Auch erscheint es wahrscheinlich, daß bei einem Brande die Zerstörung der Säulen zunächst durch die Deformation der Unterzüge veranlaßt wird, die, wenn sie mit den Säulen genügend verankert sind, letztere infolge der ausgeübten Seitenkräfte zum Umsturz bringen. Dabei würde es dann gleichgültig sein, ob die Säulen ummantelt waren oder nicht.

Bei dem Brande des Wiener Panoramagebäudes, bei welchem die Gitterkonstruktion des Dachwerkes gänzlich zerstört wurde, haben sich die gußeisernen Säulen, die auch die ganze Hitze des Brandes auszuhalten hatten, sehr gut bewährt, obgleich sie nicht ummantelt waren.

Ueber den Brand des Lagerhauses an der Kaiserstraße in Berlin sagt *Launer* im Centralblatt der Bauverwaltung 1887, S. 417 u. f.:

„Man darf ohne weiteres schließen, daß die freiliegenden Unterzüge in erster Linie den Anstoß zur Zerstörung der gußeisernen Säulen und der Mauern, mit denen sie durch kräftige Ankerung verbunden waren, gegeben haben, daß dagegen die Säulen, wo nicht Stöße und drehende Kräfte auf sie eingewirkt haben, im allgemeinen auch da noch einen Teil ihres Tragvermögens behielten, wo bereits Verbiegungen, Verrenkungen und Aufblähungen des Säulenschaftes eingetreten waren."

Nach neueren Versuchen, welche mit gußeisernen und schmiedeisernen

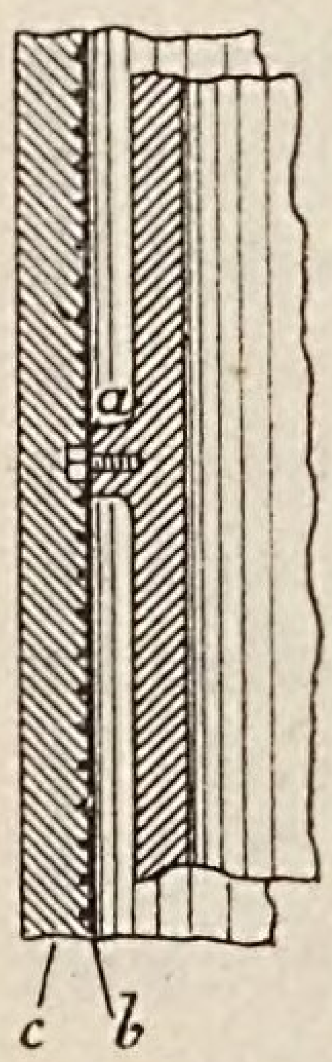
Säulen derselben Querschnittsform angestellt sind, scheint festzustehen, daß beide Materialien annähernd die gleiche Widerstandsfähigkeit gegen die Brandhitze besitzen, daß aber Gußeisen das Anspritzen mit kaltem Wasser weniger gut erträgt als das Schmiedeisen. Dieser letztere Umstand würde für eine Ummantelung der gußeisernen Säulen in besonders gefährdeten Gebäuden sprechen, die jetzt auch vielfach auf Grund der baupolizeilichen Vorschriften vorgenommen wird.

Die Ummantelung der Säulen kann in verschiedener Weise ausgeführt werden.

Bei dem Neubau des bereits oben erwähnten Lagerhauses in der Kaiserstraße in Berlin wurden die eisernen Säulen ohne Anordnung einer Luftschicht direkt durch einen Mantel von Beton umhüllt, was insofern unbedenklich für die Haltbarkeit der Ummantelung ist, als Beton etwa die gleiche Ausdehnung durch die Wärme erfährt wie Eisen.

Von neueren Konstruktionen wird z. B. nach der Angabe von Rabitz zwischen Mantel und Säule eine schmale Luftschicht, die als besonders wirksam bezeichnet werden muß, angeordnet. Die Säulen erhalten zu dem Zwecke kurze angegossene Vorsprünge a (Fig. 2), an denen ein rings um die Säule herumgeführtes Drahtnetz b mittels Schrauben befestigt wird. Auf das Drahtnetz wird dann der Mantel c aus gewöhnlichem Kalkmörtel oder Gips gebracht.

Fig. 2.



Monier verwendet statt des Drahtnetzes ein Gerippe von Rundeisen und als Umhüllungsmaterial Cement.

Schluß-betrachtungen.

Erscheint nun eine Ummantelung der eisernen Säulen zum Schutze gegen Feuersgefahr als notwendig, oder wird sie von der Baupolizeibehörde gefordert, so ist zunächst darüber zu entscheiden, ob man unter solchen Umständen überhaupt in Eisen bauen soll, oder nicht. Es sind dabei folgende Punkte zu erwägen.

Durch die Umhüllung der Säulen werden die Baukosten so wesentlich vergrößert, daß die Verwendung eines gegen Feuersgefahr unangefochtenen guten Steinmateriales keine größeren Geldmittel erfordert. Man könnte daher, abgesehen von der allerdings nicht immer zutreffenden Raumersparnis, gerade so gut und vielleicht noch besser in Stein bauen. Das Aussehen kann dabei keine Rolle mehr spielen, denn ein ummantelter Eisenbau macht durchaus den Eindruck eines massiven Steinbaues. Die Umhüllung der Säulen ist daher zugleich eine Täuschung über das Material, die mancher Konstrukteur ja gern vermeidet, und die man etwa ebenso beurteilen kann, wie die Ausführung eines Putzbaues, dem das Aussehen eines massiven Quaderbaues zu geben versucht wird. Auf jeden Fall kommt bei einer Ummantelung der Säulen der Eisenbau als solcher nicht mehr zur Geltung, was sowohl im Interesse der Gießereitechnik als auch im Hinblick auf die fortschreitende Entwickelung des dekorativen Eisenbaues entschieden zu bedauern wäre.

Abschnitt II.

Verbindungsmittel der Eisenkonstruktionen.

§ 8.

Die verschiedenen Arten der Verbindungsmittel.

Die Mittel, welche zur Verbindung zweier oder mehrerer Konstruktionsteile zur Anwendung kommen können, sind verschieden und abhängig von den Anforderungen, die an die Verbindung gestellt werden.

Man unterscheidet hauptsächlich unlösliche und lösliche Verbindungen (bei letzteren wieder feste und regulierbare), und danach ebenso unlösliche und lösliche Verbindungsmittel.

Unlöslich nennt man solche Verbindungen, bei denen eine spätere Trennung der verbundenen Teile nicht anders möglich ist, als durch Zerstörung der Verbindung selbst oder der Verbindungsmittel.

Im Gegensatz dazu stehen die löslichen Verbindungen, die jederzeit auseinander zu nehmen sind, ohne daß dabei die einzelnen Teile irgendwie beschädigt zu werden brauchen.

Die unlöslichen Verbindungsmittel sind: das Schweißen, das Löten und die Niete; die löslichen: die Schrauben, die Bolzen und die Keile. Das Schweißen.

Das Schweißen findet nur Anwendung bei Schmiedeisen und Stahl, bei diesen aber in ausgedehntem Maße und bei den verschiedensten Veranlassungen. Man wird dann stets schweißen, wenn es sich um Verlängerungen (von z. B. Rundeisen, Flacheisen u. s. w.) handelt, bei denen an der Verbindungsstelle eine Querschnittsvergrößerung aus gewissen Gründen ausgeschlossen ist. Vielfach nimmt man Schweißungen auch bei scharf im Winkel gebogenen Flacheisen, Winkeleisen u. a. vor.

Bei dem Löten unterscheidet man das Weichlöten und das Hartlöten. Das Löten.

Das Weichlöten findet hauptsächlich Anwendung bei dünnen zu verbindenden Gegenständen, namentlich bei vielen Blechner- oder Spenglerarbeiten, bei denen überhaupt das Falzen und Löten fast die einzigen Verbindungsmittel bilden.

Das Hartlöten kommt besonders bei Kupferschmiedarbeiten vor, außerdem in der Kunstschlosserei in solchen Fällen, wo nicht genietet oder geschweißt werden kann. Bei den eigentlichen Eisenkonstruktionen findet das Hartlöten indes nur ausnahmsweise Verwendung.

Die Niete (bei den Eisenkonstruktionen das wichtigste der unlöslichen Verbindungsmittel) werden hauptsächlich bei Schmiedeisen und Stahl, und vor allem bei den festen Verbindungen von Blechen, Flacheisen, Winkeleisen, Façoneisen verwandt, sehr selten nur bei Gußeisen, da dieses wegen seiner Sprödigkeit nicht geeignet ist, die Erschütterungen zu ertragen, welche durch die beim Die Niete.

Nieten erforderlichen Hammerschläge verursacht werden. In einzelnen Fällen werden aber auch bei den Schmiedeisenverbindungen die Niete durch Schraubbolzen ersetzt, nämlich:

1. Wenn es des beschränkten Raumes wegen nicht möglich ist, mit dem Hammer auszuholen, um den Schließkopf der Niete zu bilden.

2. Wenn die Länge des Nietschaftes mehr als das Dreifache des Nietdurchmessers betragen müßte, weil bei langen Nieten die in dem Schafte entstehende Zugspannung so groß wird, daß unter Umständen ein Abreißen des Nietes eintreten kann.

3. Wenn die Verbindung solchen Kräften ausgesetzt ist, daß die Niete nicht auf Abscherung, sondern auf Zug beansprucht würden (Fig. 3).

4. Wenn die Verbindung des Transportes wegen in einzelnen Teilen hergestellt werden muß und an der Baustelle nicht genietet werden kann oder soll, z. B. bei Verbindungen eiserner Träger mit den Unterzügen (Fig. 4).

Fig. 3.

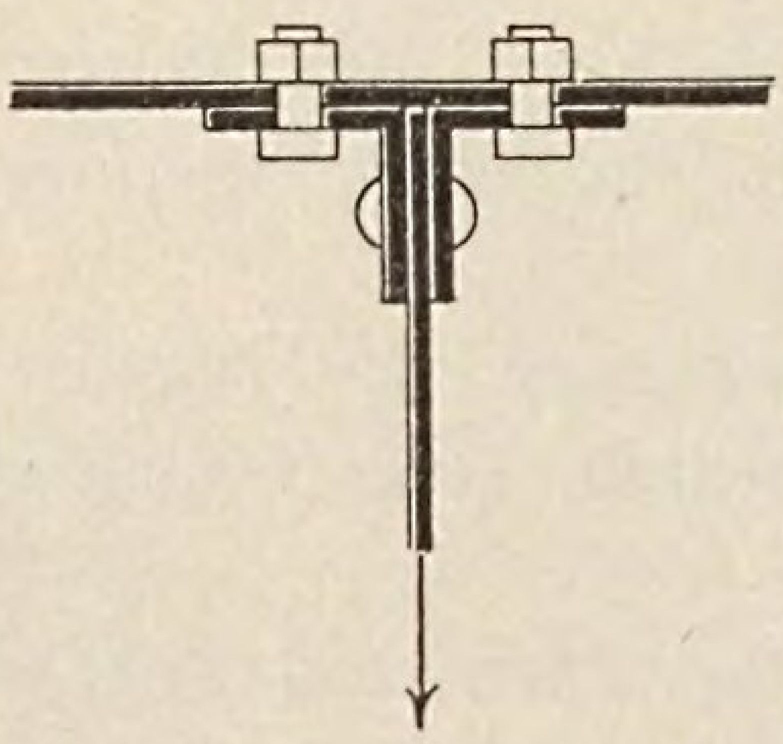
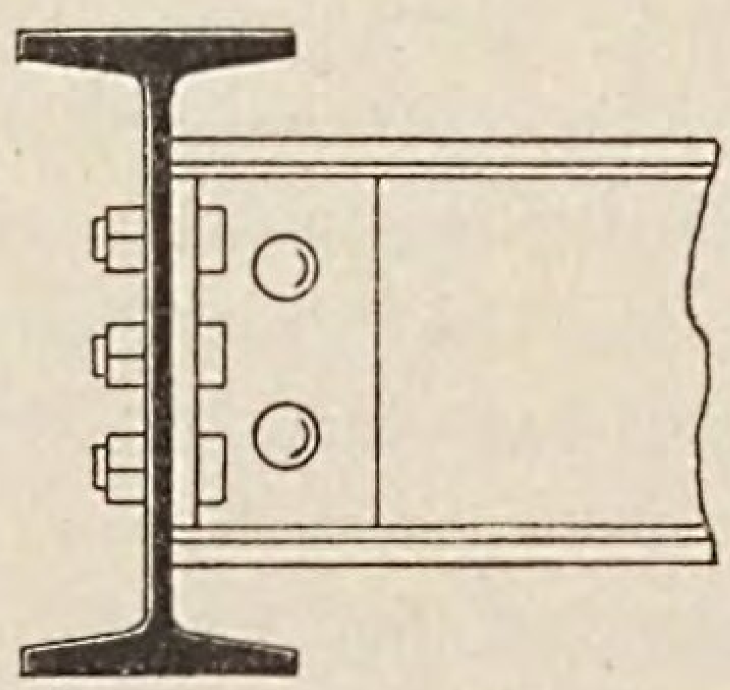


Fig. 4.



Die Schrauben. Die Schrauben sind außer in den genannten Fällen dann immer anzuwenden, wenn des Materials wegen die Nietung überhaupt ausgeschlossen ist, wie bei Gußeisen oder bei Verbindungen von Eisen mit Holz oder Stein; außerdem dann, wenn die Verbindung nicht fest, sondern löslich oder nachstellbar sein muß.

Die Bolzen. Die Bolzen finden die hauptsächlichste Anwendung bei dem Anschluß von (am Ende mit einem flachen Auge zu versehenden) Rundeisenstangen, oder auch von Flacheisen an andere Teile, meist Bleche.

Die Keile. Die Keile, durch welche sich auch Nachstellbarkeit erreichen läßt, treten zuweilen an die Stelle von Schraubenmuttern. Sie sind dann praktisch, wenn die Verbindung gelegentlich rasch gelöst werden soll, unpraktisch dagegen dann, wenn die Länge im Verhältnis zu den übrigen Dimensionen des Keiles zu groß ausfallen würde. In einzelnen Fällen ist es gleichgültig, ob Mutter oder Keil zur Anwendung kommt, wie z. B. bei Fundamentankern, die zwar oben stets mit Mutter, unten aber ebenso häufig mit Keil, als mit Kopf oder Mutter versehen werden.

§ 9.

Das Schweißen und Löten.

Das Schweißen. Das schmiedbare Eisen wird bei genügender Erhitzung weich und teigartig und läßt sich in diesem Zustande schweißen, d. h. zwei auf Schweißhitze gebrachte Stücke lassen sich durch Druck (Hammerschläge oder Walzen) zu

einem Ganzen vereinigen. Dabei ist erforderlich, daß die zu vereinigenden Flächen vollständig metallisch rein und frei von Oxyden sind. Eine nur mechanische Reinigung durch Abfeilen, Beizen mit Säure u. dergl. ist hierbei zwecklos, da das Eisen beim Glühen sich sofort wieder mit einer Oxydschicht überzieht. Man hat vielmehr ein Mittel anzuwenden, welches sich in der Glühhitze mit den Oxyden zu einer leicht schmelzbaren Schlacke verbindet, die das Eisen umhüllt und vor weiterem Luftzutritt schützt, und die später bei der Schweißung durch den Druck der Walzen oder durch die Hammerschläge aus der Schweißfuge herausgequetscht wird.

Bei Schmiedeisen, welches zum Schweißen auf Weißglut gebracht werden muß, genügt ein Bestreuen der Verbindungsflächen vor dem Ausschmieden mit reinem Quarzsand. Stahl darf nur bis zur Hellrotglut erhitzt werden, und man hat bei diesem ein leichter schmelzbares Schweißpulver anzuwenden. Bewährte Zusammensetzungen desselben sind:

8 Borax, 1 Salmiak, 1 Blutlaugensalz,

oder: 5 Borax, 1 Soda, 4 Kochsalz, 2 Blutlaugensalz.

Je besser die das Eisen umhüllende Schlacke bei der Schweißung ausfließt, desto vollkommener pflegt diese zu sein, aber auch die *gelungenste Schweißung hat niemals die Festigkeit des ungeschweißten Eisens.*

Gußeisen läßt sich im eigentlichen Sinne nicht schweißen, kann aber unter Umständen an fehlerhaften Stellen durch eine Operation ausgebessert werden, die man auch als Schweißung bezeichnet, d. h. es kann ein an einem größeren Gußstücke unvollkommen ausgegossener oder auch ein abgebrochener Teil durch Angießen vervollkommnet bezw. erneuert werden, indem man überhitztes flüssiges Eisen so lange in die für den zu erneuernden Teil dienende Form laufen und unten wieder abfließen läßt, bis die Oberfläche des Gußstückes an dieser Stelle zu schmelzen beginnt. Das Abflußloch wird alsdann unten verstopft und die Form bis zum oberen Rande mit Eisen gefüllt.

Auf diese Weise wurden z. B. mehrfach an gußeiserne Säulen nachträglich Ansätze angegossen, die zur Befestigung anderer Teile wünschenswert erschienen.

Das aus weißem Gußeisen durch Glühen von gepulvertem Roteisenstein gewonnene *Tempereisen* oder der sogen. *schmiedbare Guß* kann nicht geschweißt werden, läßt sich dagegen gut löten.

Das Löten besteht darin, daß zwei Metallflächen von gleicher oder verschiedener Art mittels einer im flüssigen Zustande dazwischen gebrachten, leichter schmelzbaren Legierung (dem *Lot*) verbunden werden. Das Löten.

Für das gute Gelingen der Lötung ist erforderlich, daß die Metallflächen unmittelbar vor dem Löten durch Abschaben oder Abfeilen gereinigt werden, da das Lot sonst nicht anhaftet; ferner muß während des Lötens die Luft von der Lötstelle sorgfältig abgehalten werden, um eine Oxydation des heißen Metalles zu verhindern. Dazu dient beim Weichlöten entweder *Kolophonium*

oder Lötwasser (eine gesättigte Lösung von Zink in Salzsäure), beim Hartlöten meist Boraxpulver.

Die Zusammensetzung des Lotes ist verschieden und richtet sich nach der Art der zu verbindenden Metalle.

Das dünnflüssige Weichlot (eine schon bei 180° schmelzbare Legierung von 60 Teilen Zinn und 40 Teilen Blei) wird gewöhnlich in Form von dünnen Stangen zur Verbindung der leicht schmelzbaren Metalle (Zinn, Zink, Blei), auch häufig des Messings benutzt und mittels eines erhitzten kupfernen Lötkolbens zugleich abgeschmolzen und aufgetragen.

Das strengflüssigere Hartlot oder Schlaglot (eine Legierung von Messing und Zink oder von Messing, Zink und Zinn in verschiedener Zusammensetzung) wird bei den schwerer schmelzbaren Metallen (Messing, Bronze, Kupfer, Eisen) benutzt. Die mit einer Zange zusammengehaltenen oder mit geglühtem Eisendraht umwickelten Metallteile werden in einem Holzkohlenfeuer soweit erhitzt, daß das in Körnerform verwendete Lot zum Schmelzen kommt und in die Fuge einfließt.

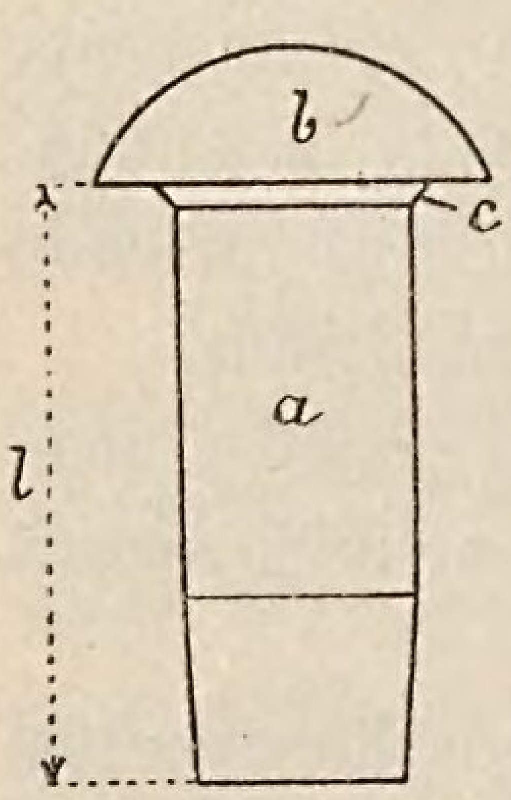
§ 10.

Die Niete.

Gestalt der Niete.

Die aus dem besten weichen Eisen hergestellten Niete (Fig. 5) bestehen aus dem am äußeren Ende etwas konischen, im übrigen cylindrischen Schafte a und einem angeschmiedeten Kopfe b (dem Setzkopfe). Der Uebergang zwischen Kopf und Schaft wird vermittelt durch ein kurzes, die Festigkeit des Nietes vergrößerndes, kegelförmiges Stück c, dem eine ebenso geformte Versenkung der Lochkante entspricht. Die Länge l des Nietschaftes richtet sich nach der gesamten Dicke der zu verbindenden Teile und ist so zu bemessen, daß noch ein Stück von genügender Länge (etwa $1^1/_2$ Nietdurchmesser) hervorragt, welches zur Bildung eines zweiten Kopfes (des Schließkopfes) dient.

Fig. 5.



Die Nietköpfe haben meist die Gestalt eines Kugelabschnittes und müssen solche Abmessungen erhalten, daß ein Zerdrücken der Auflagerfläche oder ein Abscheren der in der Verlängerung des Schaftumfanges liegenden Ringfläche nicht eher eintreten kann, als ein Zerreißen des Nietschaftes.

Die gebräuchlichsten Formen für erhabene, mit Hilfe eines Schellhammers hergestellte Nietköpfe zeigen die Fig. 6 und 7. Fig. 8 stellt einen durch Hämmern ohne Benutzung des Schellhammers erzeugten kegelförmigen Kopf dar.

In einzelnen Fällen (z. B. bei Unterlagsplatten, oder wenn der Platz zur Ausbildung eines vorstehenden Nietkopfes fehlt) werden die Niete versenkt. Die Nietlöcher werden dabei nach außen zu trichterförmig erweitert,

und das vorstehende Ende des Nietschaftes wird durch Hammerschläge so zusammengestaucht, daß dadurch die konische Erweiterung des Loches vollständig ausgefüllt wird (Fig. 9).

Herstellung der Nietlöcher.

Die Nietlöcher können entweder gestanzt oder gebohrt werden. Letzteres ist, wenn auch teurer, entschieden vorzuziehen, da durch das Stanzen eine ge-

Fig. 6.

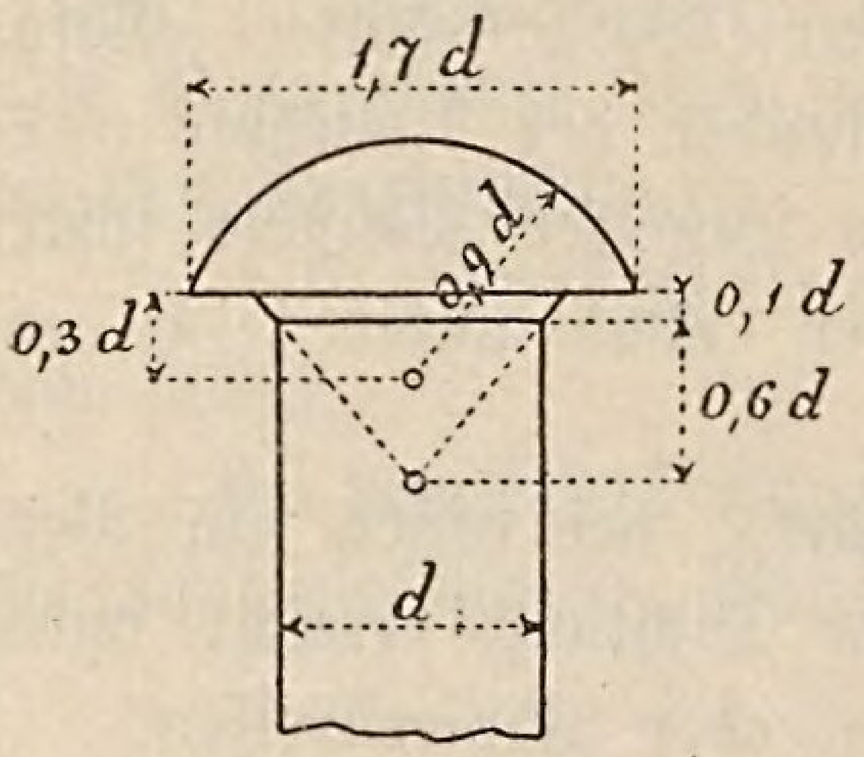


Fig. 7.

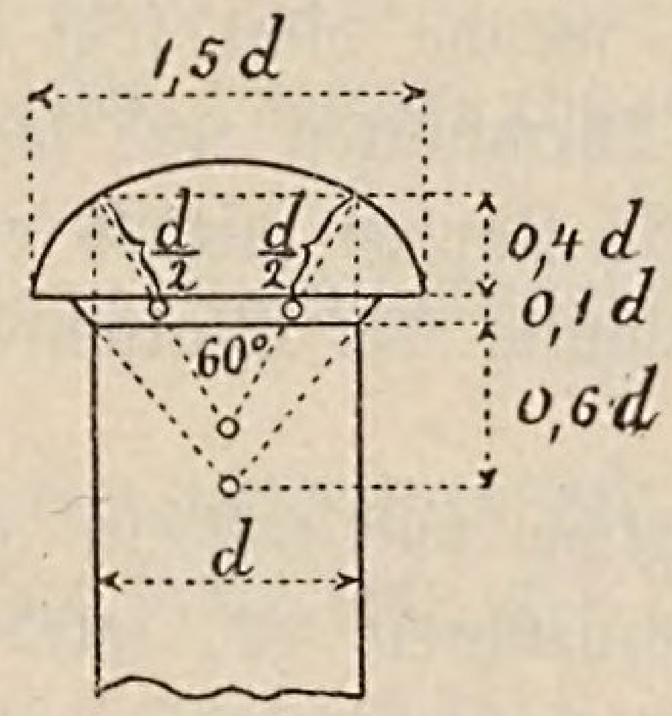
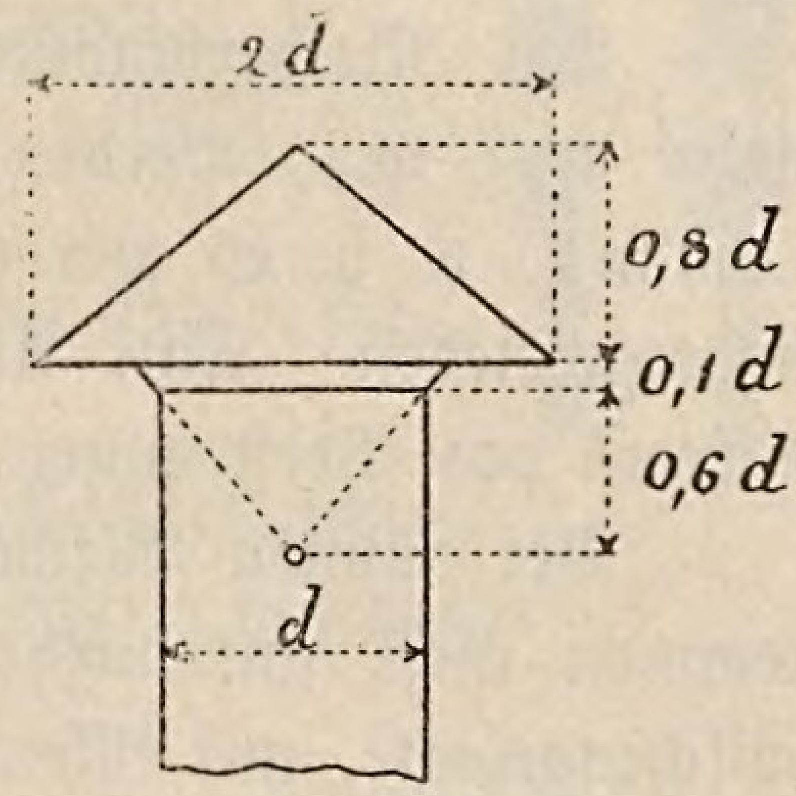
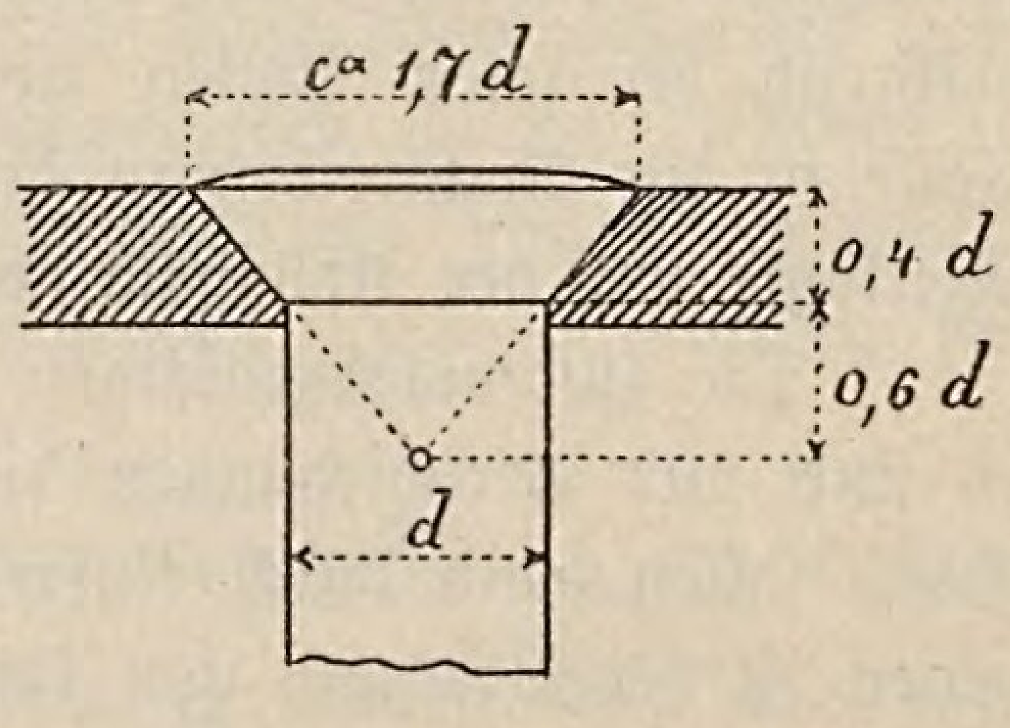


Fig. 8.



waltsame Texturveränderung in der Nähe des Loches verursacht wird. Diese ist um so schädlicher, je größer der herausgestoßene zum verbleibenden Querschnitt ist; deshalb sollten bei schmalen Flacheisen, Winkeleisen u. s. w. die Löcher nur gebohrt werden, während bei größeren Blechen das Stanzen schon eher zulässig ist.

Fig. 9.



Ausführung der Vernietung.

Die zu vernietenden, an der Verbindungsstelle mit den entsprechenden Löchern versehenen Teile werden, nachdem sie genau ausgerichtet sind, so aufeinander gelegt, daß je zwei Löcher sich decken, und provisorisch durch Schrauben zusammengehalten.

Bei der warmen Nietung, die angewendet wird bei Nieten von 1 bis etwa $2\frac{1}{2}$ cm Durchmesser*), werden die weißglühend gemachten und von dem etwa anhaftenden Glühspane befreiten Niete durch die mit einem Pinsel von Staub gereinigten Löcher der zu verbindenden Teile geschoben und unter gleichzeitigem starken Gegendruck eines Vorsetzers gegen den Setzkopf durch Stauchen mittels Zuschlag- und Gesenkhammers (Schellhammers) die Schließköpfe gebildet.

Während des Erkaltens zieht sich der Nietschaft sowohl in der Querrichtung, als auch in der Längsrichtung zusammen. Die Zusammenziehung in der Querrichtung ist unvorteilhaft, weil infolgedessen das erkaltete Niet das Loch nicht mehr scharf ausfüllt, die Zusammenziehung in der Längsrichtung ist dagegen im allgemeinen günstig. Infolge derselben legen sich nämlich die Niet-

---

*) Stärkere Niete als $2\frac{1}{2}$ cm Durchmesser kommen bei Handarbeit kaum vor, da ein gutes Stauchen derselben zur Bildung des Schließkopfes zu erhebliche Schwierigkeiten bieten würde.

köpfe mit ihren unteren Flächen fest auf die zu vernietenden Teile und pressen diese so scharf gegeneinander, daß erfahrungsmäßig bei gut ausgeführter Nietung die in den Berührungsflächen auftretende Reibung allein zur Kraftübertragung genügt.

Niete unter 1 cm Durchmesser werden kalt gesetzt, weil die dünnen Schäfte durch Erwärmung auf Glühhitze zu stark angegriffen, häufig sogar verbrennen würden.

Dichtung. Bei Nietverbindungen, welche dicht sein sollen (Wasserbehälter, Gasometer u. s. w.), werden die Blechkanten und die Ränder der Nietköpfe verstemmt, d. h. es werden alle Kanten mittels eines stumpfen Meißels scharf niedergetrieben. Eine Abschrägung der Plattenränder, etwa unter 1 : 6, erleichtert das Verstemmen.

Bei dünnen Blechen, etwa von 0,5 cm abwärts, bei denen ein Verstemmen nicht gut mehr auszuführen ist, wird die Dichtung erreicht durch zwischengelegte, mit Mennigkitt beschmierte Leinwand- oder Papierstreifen.

Untersuchung der Nietung. Die Nietköpfe sollen genau centrisch zum Nietschafte sitzen, gut und voll anliegend ausgeschlagen sein und keine Risse oder Abquetschungen zeigen. Nach dem Vernieten ist zu untersuchen, ob die Niete vollkommen festsitzen. Es geschieht dies am einfachsten durch Anschlagen mit dem Hammer, der bei festsitzenden Nieten leicht zurückschnellt und einen hell klingenden Ton gibt, während bei losen Nieten ein mehr klappernder Ton entsteht. In keinem Falle ist ein Nachtreiben in kaltem Zustande, ebensowenig ein Verstemmen der Nietköpfe vor der Abnahme gestattet.

Die zusammengehörigen Nietlöcher müssen gut aufeinander passen, und es sind nur Verschiebungen bis höchstens 5 % des Nietdurchmessers zulässig. Diese sollen dann durch Aufreiben mit der Reibahle ausgeglichen werden, dagegen ist der Gebrauch von konischen Stahldornen, die gewaltsam in die Löcher eingetrieben werden, sehr verwerflich, weil dadurch schädliche Spannungen in den zu verbindenden Teilen entstehen.

§ 11.

Nietverbindungen.

Einteilung. Man unterscheidet einschnittige und zweischnittige Vernietungen, je nachdem bei einer etwaigen Zerstörung der Verbindung ein Niet in einem Querschnitte (Fig. 10) oder in zwei Querschnitten (Fig. 11) abgeschert werden würde.

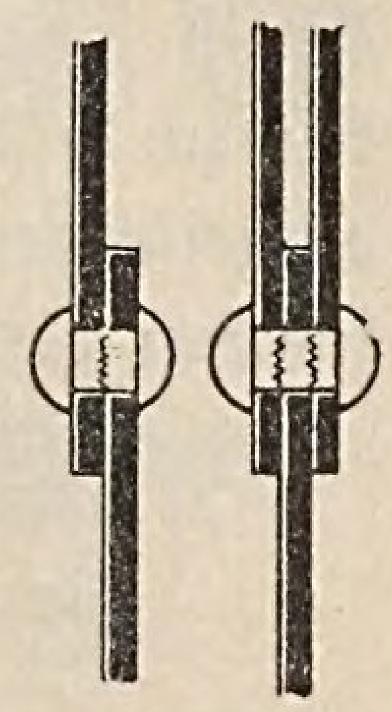
Die Niete werden ferner entweder in einer Reihe oder in zwei Reihen nebeneinander parallel den Blechkanten angeordnet; man nennt die Verbindung danach einreihige oder zweireihige Vernietung.

Letztere wird dann gewählt, wenn die einreihige Vernietung keine genügende Festigkeit bietet.

Nach den Anforderungen, die an die Vernietung gestellt werden, lassen sich dieselben einteilen in:

a) *Kraftnietungen*, welche *nur* Kräfte zu übertragen haben und vorwiegend *fest* sein sollen (genietete Träger). Man verwendet dabei starke Niete bei weiter Teilung.

Fig. 10 u. 11.



b) *Verschlußnietungen*, welche vorwiegend *dicht* sein sollen und nur verhältnismäßig geringen Kräften zu widerstehen brauchen (Wasserbehälter, Gasometer, eiserne Schornsteine u. s. w.). Die Niete werden dabei schwächer gewählt und enger gestellt als bei den Kraftnietungen.

c) *Dampfkesselnietungen*, welche zugleich *fest* und *dicht* sein sollen.

Bei den Eisenkonstruktionen handelt es sich hauptsächlich um die Kraftnietungen. Bei diesen kann man als Mittelwert annehmen:

Nietdurchmesser.

$$\mathbf{d} = 2\,\delta$$

Nietdurchmesser = doppelter Blechstärke.

Die Stärke der gewöhnlich im Hochbau zur Verwendung kommenden Eisensorten schwankt zwischen 0,5 cm und 1,3 cm; dementsprechend sind Nietdurchmesser von 1 cm bis 2,6 cm zu wählen. Wenn möglich, sollten indessen bei einer Konstruktion nicht mehr als zwei verschiedene Nietdurchmesser vorkommen (die stärkeren für die Hauptteile, die schwächeren für die Nebenteile), da durch zu viele verschiedene Nietstärken die Ausführung unnötig erschwert wird. Die bei den Eisenkonstruktionen vorkommenden Niete beschränken sich im allgemeinen auf Durchmesser von:

1,3 cm ($^1/_2$″); 1,6 cm ($^5/_8$″); 2 cm ($^3/_4$″); 2,2 cm ($^7/_8$″); 2,5 cm (1″).

Nietstellung.

Hat eine Nietverbindung starken Zugkräften zu widerstehen, so könnte eine Zerstörung derselben eintreten:

1. durch Abscheren der Nietschäfte;
2. durch Zerreißen des Bleches zwischen den Nieten;
3. durch Aufreißen des Bleches vor den Nieten, wenn diese zu nahe am Rande stehen;
4. durch Aufstauchen oder Zerquetschen des Bleches am vorderen Umfang der Niete (der Nietlochlaibung), wenn der Druck pro Flächeneinheit, den das Niet gegen das Blech ausübt, zu groß wird.

Die Stellung der Niete, d. h. die Entfernung der Nietmitten vom Blechrande und die Entfernung der Niete voneinander, muß so gewählt werden, daß für diese vier Fälle gleiche Sicherheit vorhanden ist.

Wir beschränken uns hier darauf, die Resultate der Berechnung zu geben, welche in den Figuren 12 bis 16 eingeschrieben sind.

1. Einschnittige Vernietungen.

Bei den einschnittigen Vernietungen erfolgt die Kraftübertragung excentrisch und die Niete werden außer auf Abscherung auch noch durch das entstehende Moment P δ (Fig. 12) auf Biegung (also sehr ungünstig) beansprucht. Es ist deshalb die Anwendung der einschnittigen Vernietungen nach Möglichkeit zu beschränken und es sind bei allen wichtigeren Anschlüssen die unter 2. aufgeführten (zur Mittellinie symmetrischen) zweischnittigen Vernietungen entschieden vorzuziehen.

Einreihige Vernietung (Fig. 12). Die Bleche liegen an der Nietstelle aufeinander (sind überblattet) und durch eine Reihe Niete miteinander verbunden.

Fig. 12.

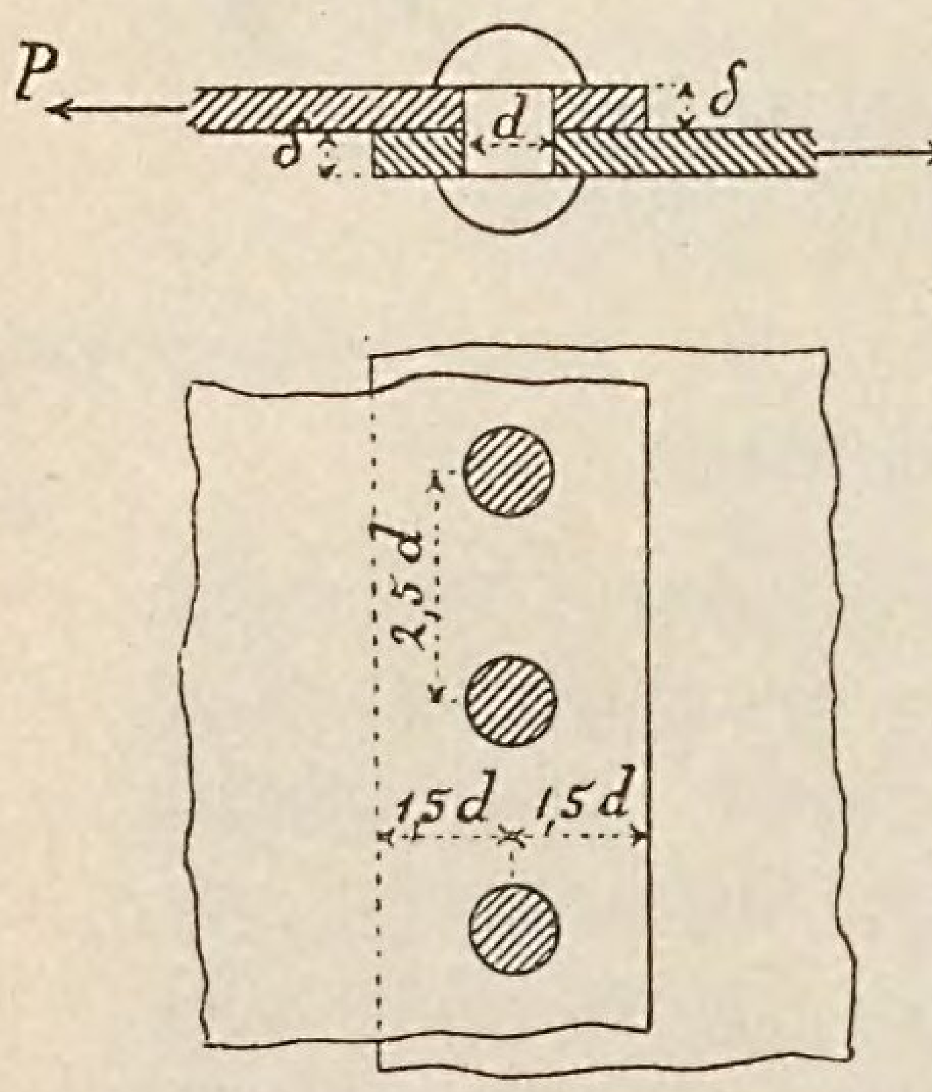


Fig. 13.

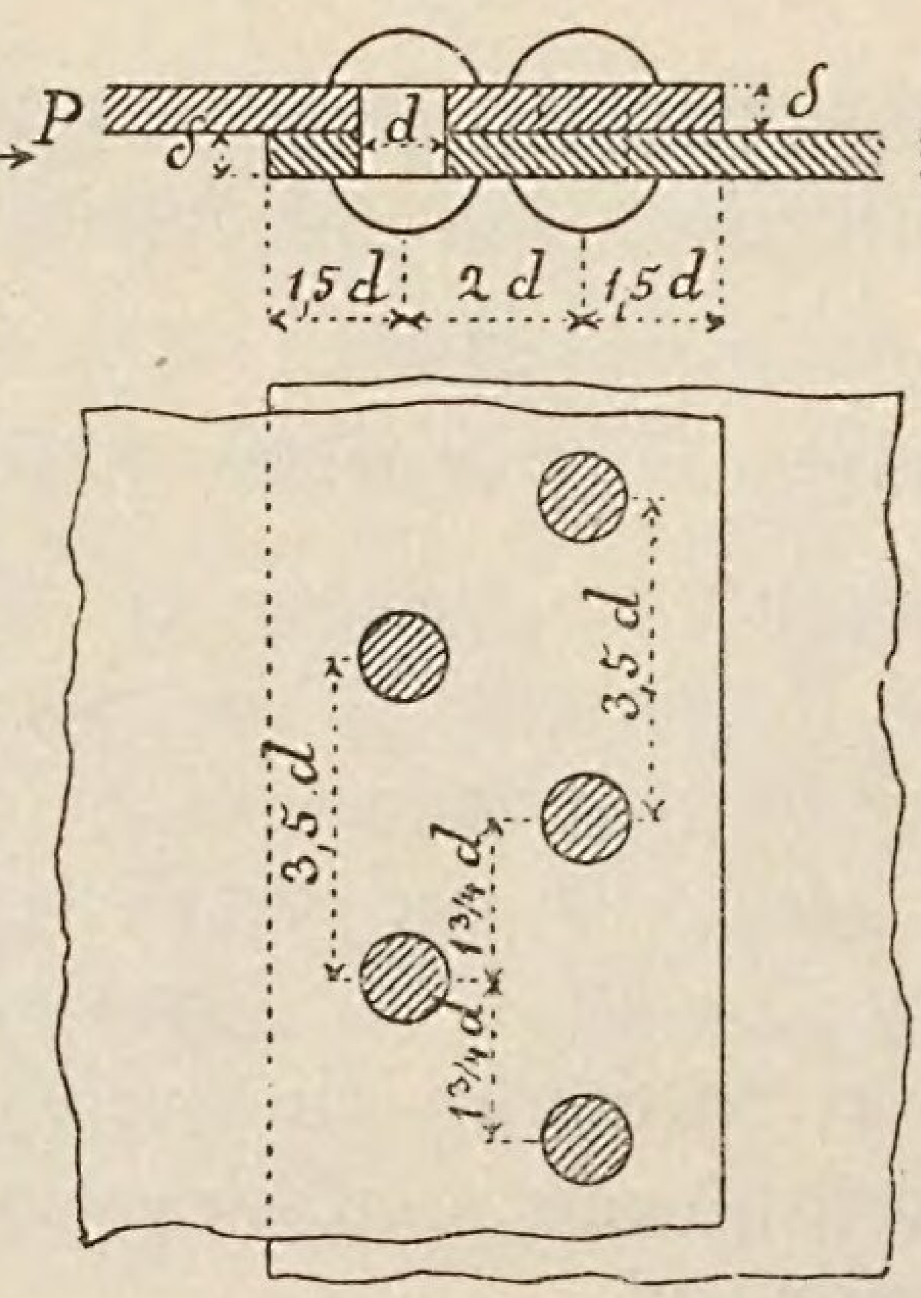
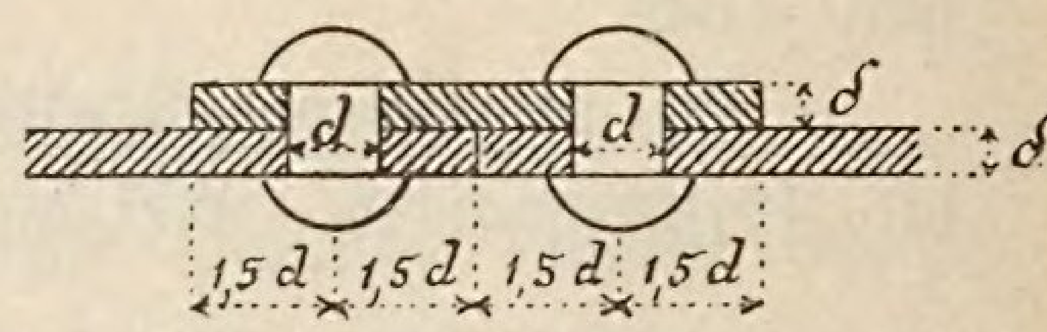


Fig. 14.



Zweireihige Vernietung (Fig. 13). Die überblatteten Bleche sind durch zwei Reihen Niete miteinander verbunden. Die Niete der beiden Reihen sind gegeneinander versetzt und bilden zusammen eine Zickzacklinie.

Einseitige Laschennietung (Fig. 14). Die Bleche stoßen stumpf voreinander und sind mit Hilfe einer aufgelegten Lasche durch je eine Reihe Niete miteinander verbunden.

Die einseitige Laschennietung ist eigentlich nur eine unmittelbare Aufeinanderfolge von zwei einfachen Vernietungen und nach denselben Regeln wie diese auszuführen. Sie kostet viel Material und wird nur angewandt, wenn eine Versetzung der Blechtafeln vermieden werden soll.

Im Falle bei dieser Verbindung nur Druck herrscht, nehme man:

$$d = 1{,}5\,\delta$$

Entfernung der Niete voneinander = 5 d

2. Zweischnittige Vernietungen.

(Doppellaschen-Vernietungen.)

Einreihige Vernietung (Fig. 15). Die Bleche stoßen stumpf voreinander und sind mit Hilfe von zwei zu beiden Seiten auf den Stoß gelegten Laschen durch je eine Reihe Niete miteinander verbunden.

Die Stärke jeder Lasche müßte theoretisch gleich der halben Blechdicke sein, praktisch nimmt man sie aber in der Regel etwas größer und setzt:

$$\delta_1 = \frac{\delta}{2} + 0{,}2 \text{ cm}.$$

Zweireihige Vernietung (Fig. 16). Die Verbindung der Bleche mit den Laschen geschieht durch je zwei Reihen gegeneinander versetzter Niete.

Fig. 15.

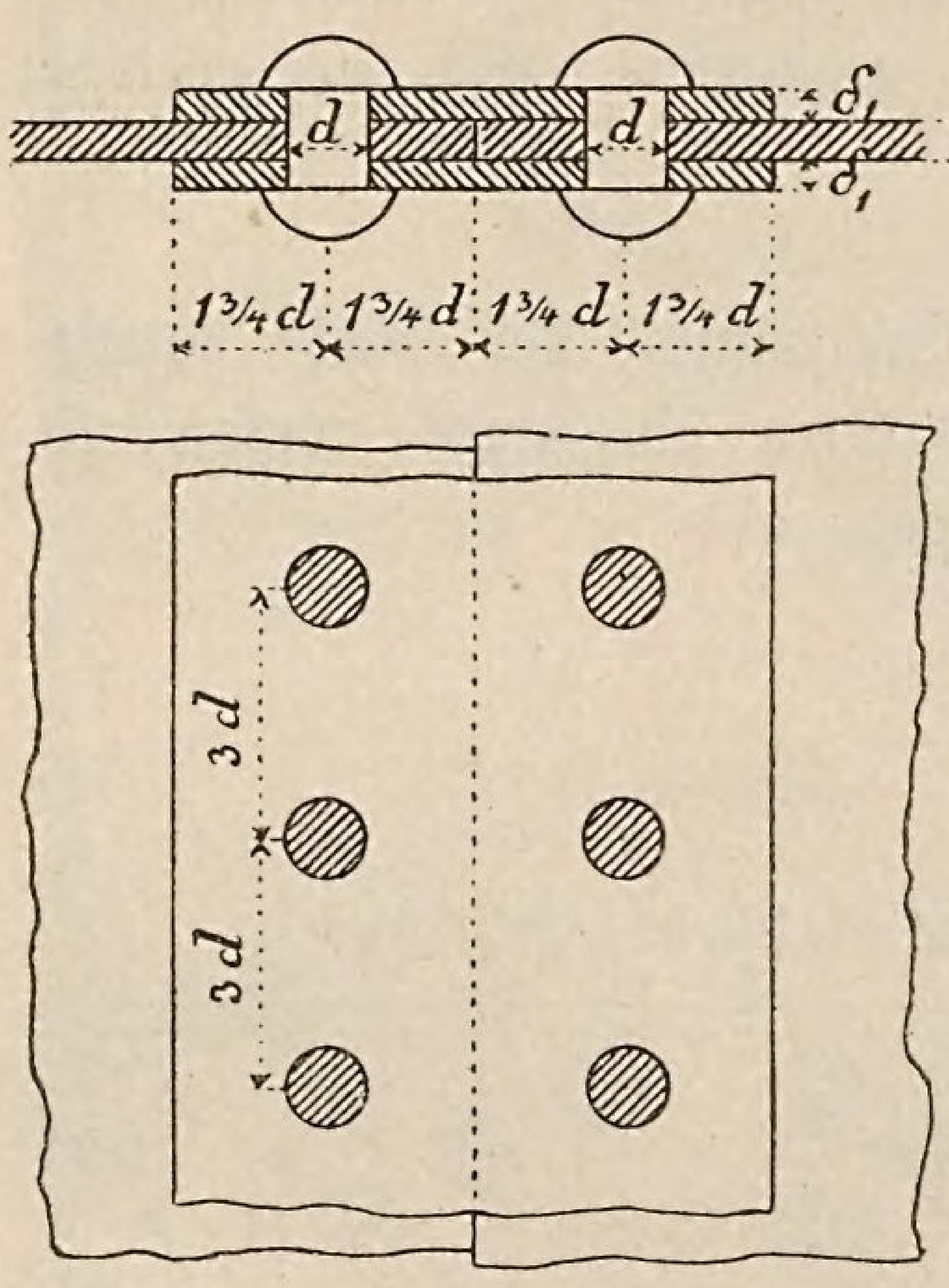
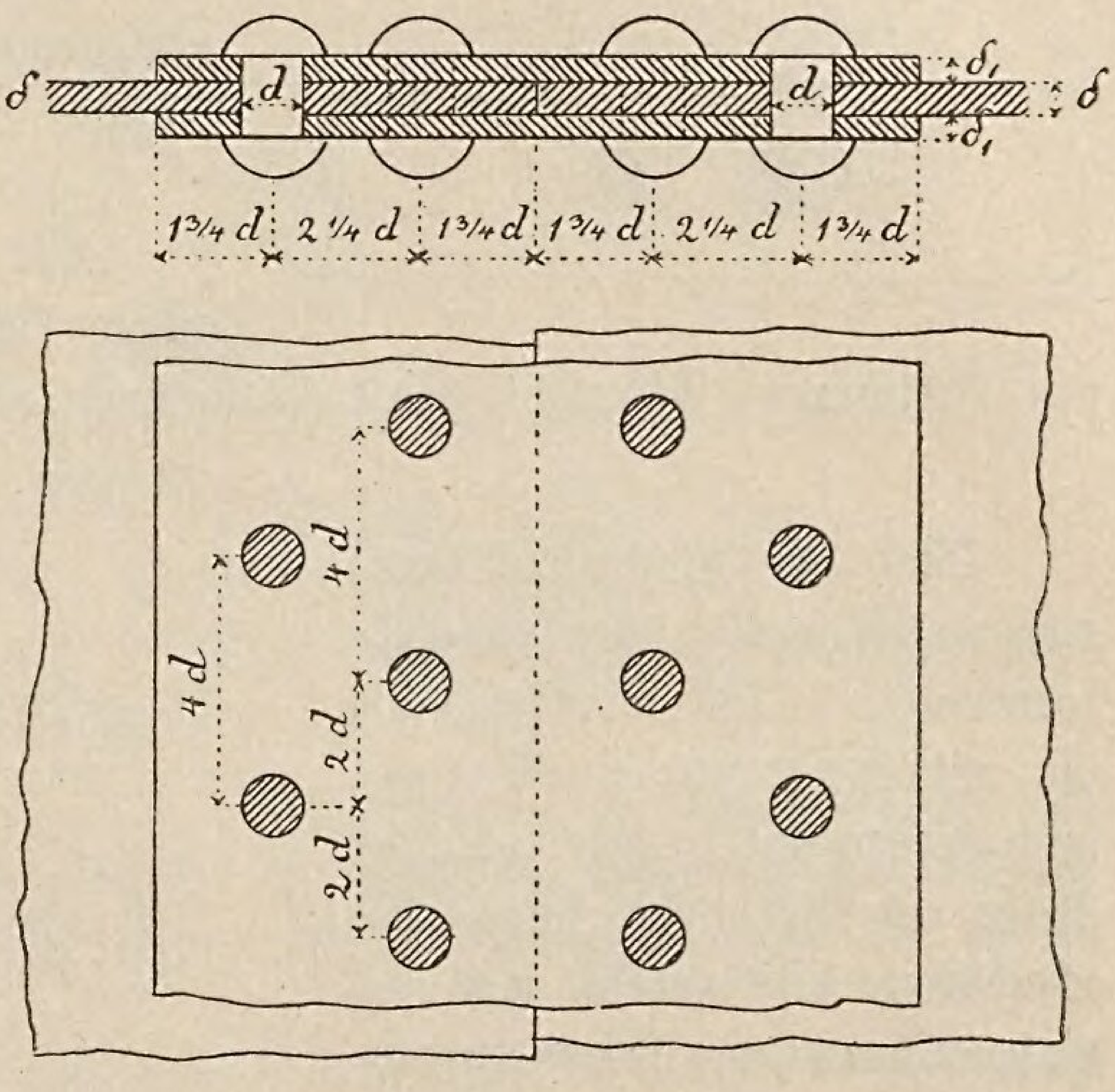


Fig. 16.



Die sog. Kettennietung, durch welche ein mittleres stärkeres Blech mit zwei äußeren schwächeren Blechen verbunden ist, ist als die Hälfte einer Doppellaschenvernietung zu betrachten und wie diese auszuführen.

§ 12.

Die Anschlußnietungen.

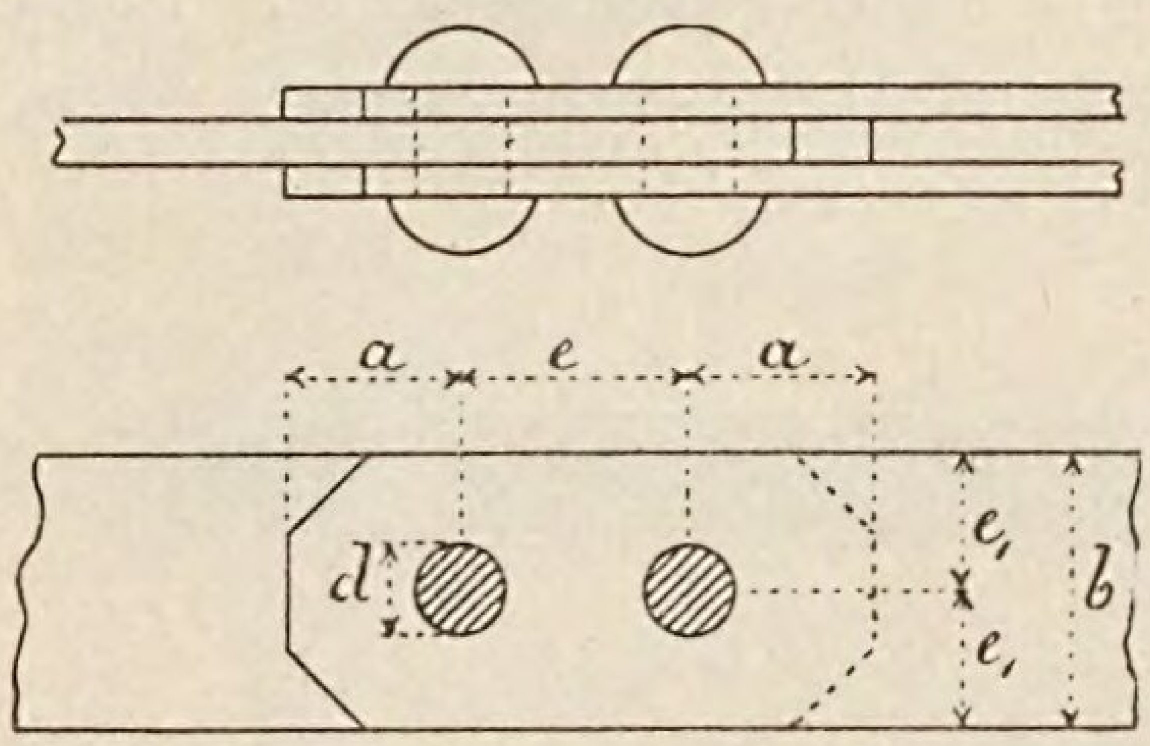
Unter Anschlußnietungen, die für die Eisenkonstruktionen des Hochbaues von besonderer Wichtigkeit sind, versteht man die Verbindungen der Enden eines Eisenstabes mit einem andern Konstruktionsteil durch Nietung. Es handelt sich bei diesen Verbindungen nur um einzelne Niete, nicht aber um fortlaufende Nietnähte.

Man pflegt die Anschlußnietungen zu unterscheiden in solche, bei denen die auf die einzelnen Teile wirkenden Kräfte in einer Ebene liegen (Längsverbindungen von Flacheisen, Winkeleisen u. s. w., sowie die Knotenpunktsverbindungen der Fachwerks- und Gitterträger und der Dächer), und in die sog. Trägeranschlüsse, bei denen die Kraftebenen sich unter irgend einem Winkel (meist 90°) schneiden.

Bei den erstgenannten Verbindungen nimmt man den Abstand der Nietmitten von der Eisenkante, in der Kraftrichtung (Längsrichtung) gemessen, an (vergl. Fig. 17) zu:

$$\mathbf{a} = \mathbf{2\,d} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 1)$$

Fig. 17.



In der Richtung senkrecht zur Kraft (der Querrichtung) genügt:

$$\mathbf{e_1} = \mathbf{1\,^1\!/_2\,d} \quad \ldots\ldots\ldots \quad 2)$$

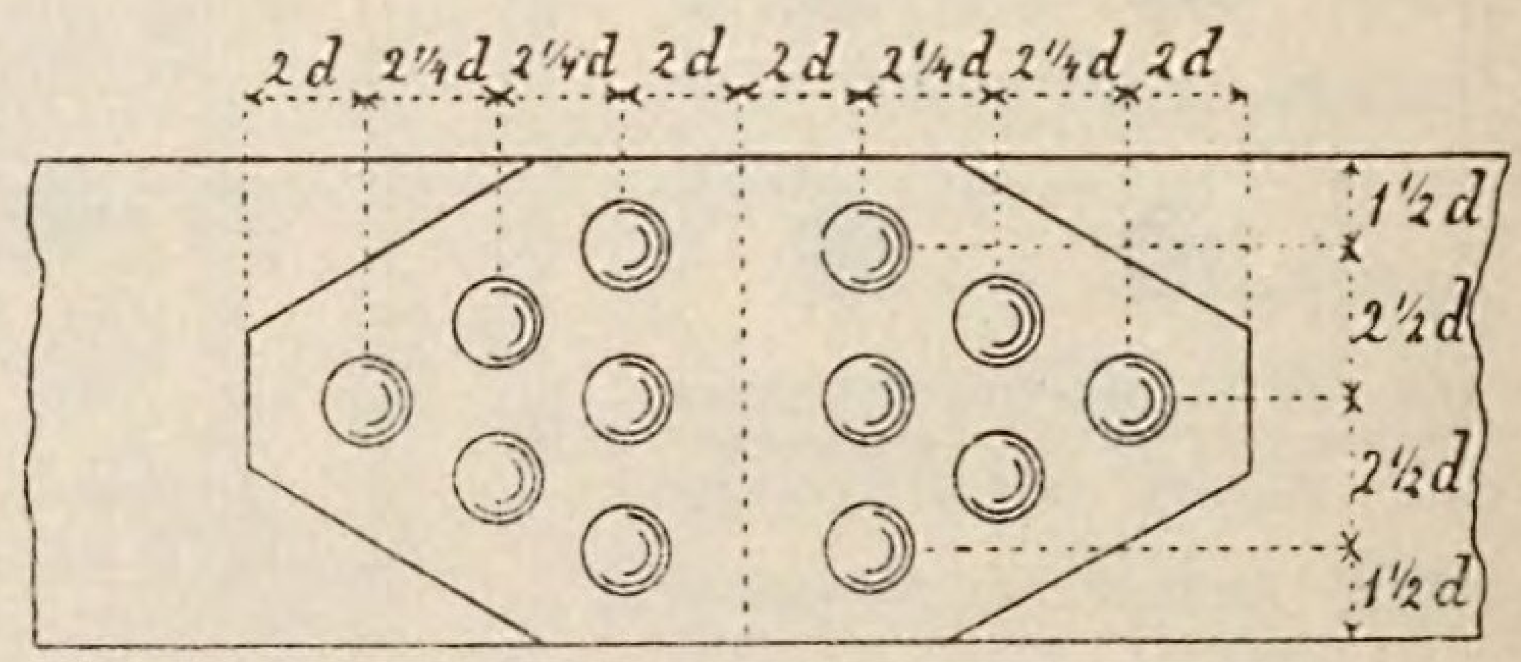
Die geringste Breite von zu vernietenden Flacheisen (Fig. 17) beträgt danach:

$$\mathrm{b} = 3\,\mathrm{d}$$

Die Entfernung der Niete voneinander (bei allen überhaupt vorkommenden Nietungen) soll nicht kleiner genommen werden als:

$$\mathbf{e} = \mathbf{2\,^1\!/_2\,d} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 3)$$

Fig. 18.



Sind bei Flacheisenverbindungen mehr als zwei Niete erforderlich, so soll womöglich in die erste Reihe nur ein Niet gesetzt werden und in jede folgende Reihe ein Niet mehr, soweit die Stabbreite dies zuläßt, weil bei dieser Anordnung immer nur ein Nietloch von dem Gesamtquerschnitt des Flacheisens in Abzug zu bringen ist, um den Nutzquerschnitt zu erhalten (Fig. 18).

Die Trägeranschlüsse geschehen mit Hilfe von Winkeleisen (Fig. 19 und 22) oder bei schrägen Anschlüssen auch wohl mit Hilfe von in entsprechendem Winkel gebogenen Blechen bezw. Flacheisen (Fig. 20). — Man wähle dabei die Schenkelstärke δ der Winkeleisen (Fig. 21) womöglich gleich der Blechdicke, bezw. gleich der Stegdicke der zu verbindenden Profileisen, und die Schenkelbreite:

Fig. 19.

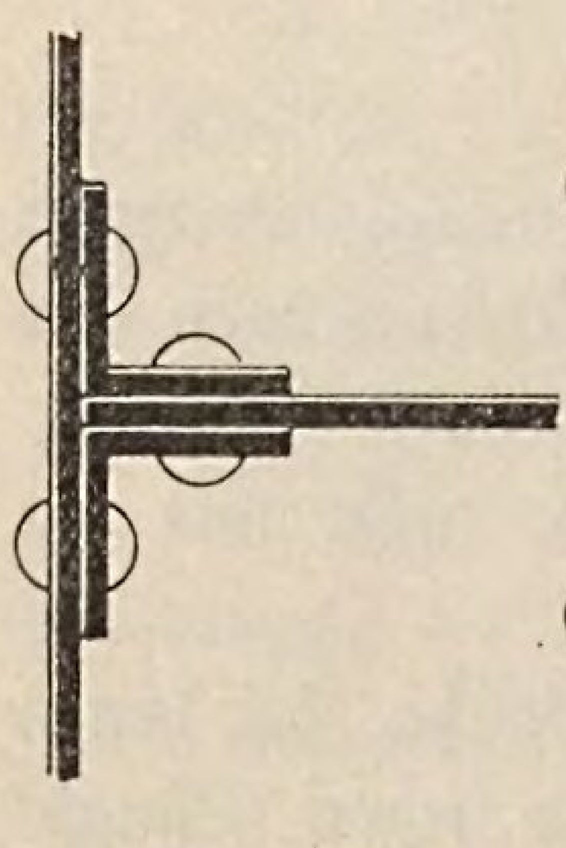


Fig. 20.

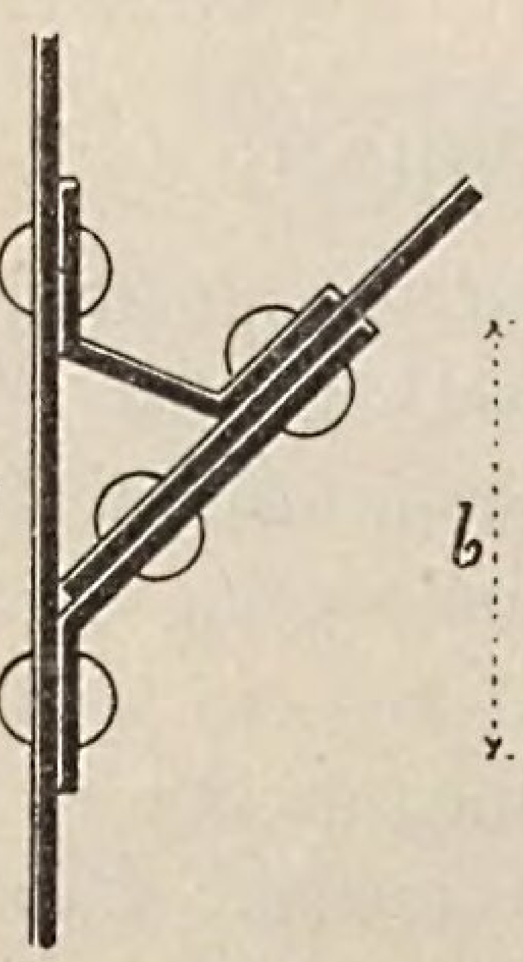
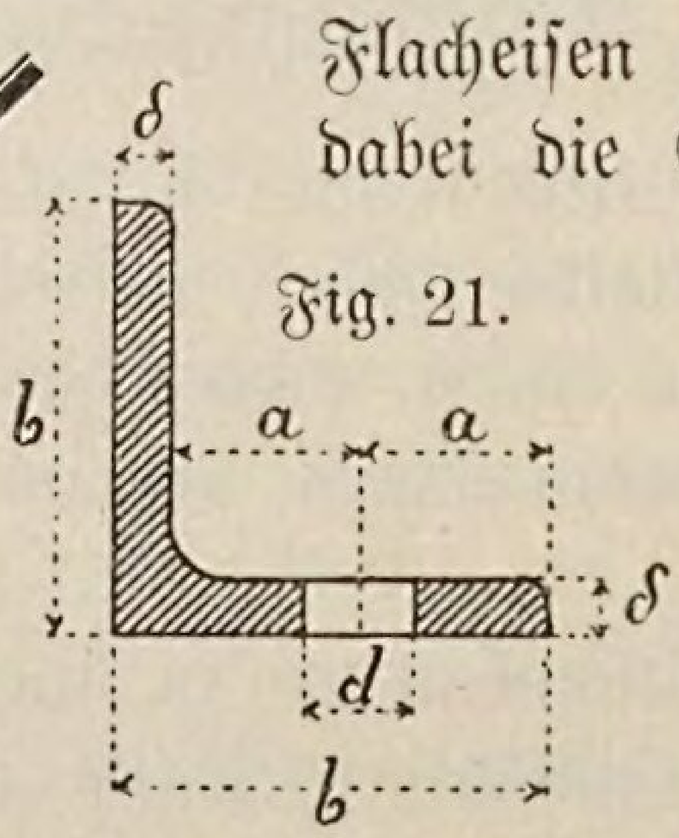


Fig. 21.



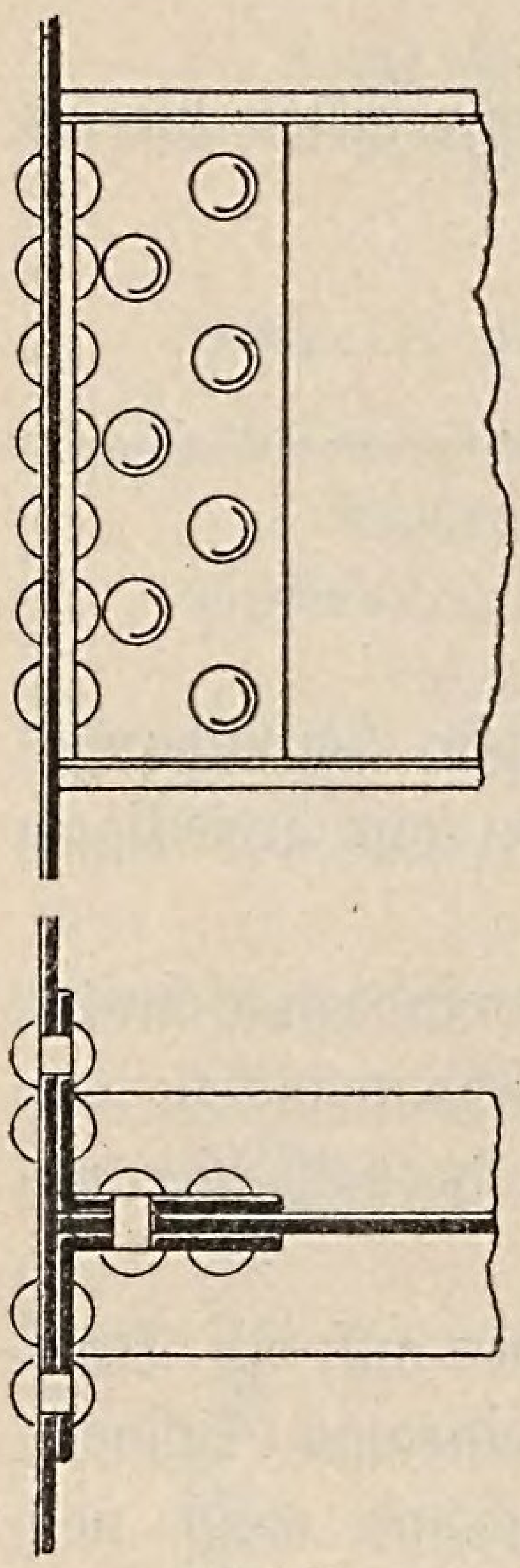
$$\mathrm{b} = 3\,^1\!/_2\,\mathrm{d} \text{ bis } 4\,\mathrm{d}$$

Die Niete werden bei kleineren Winkeln auf die Mitte von $\mathrm{b} - \delta$ gesetzt. Es ist dann nach Fig. 21:

$$\mathrm{a} = \frac{\mathrm{b} - \delta}{2}$$

Bei sehr großen Winkeln versetzt man wohl die Niete, so daß abwechselnd das eine Niet etwa 1,5 d vom Außenrande des Winkels, das folgende nur so weit von der inneren Winkelkante absteht, daß die Ausbildung des Schließkopfes noch bequem möglich ist. Dabei muß ein äußeres Niet des einen immer einem inneren Niete des anderen Schenkels gegenüberstehen (Fig. 22).

Fig. 22.



Die Anzahl der erforderlichen Anschlußniete nehme man bei einschnittigen Nieten:

$$n = \frac{P}{500\,d^2} + 1 \quad \ldots\ldots\ldots \quad 4)$$

bei zweischnittigen Nieten:

$$n_2 = \frac{P}{1200\,d\,\delta} + 1 \quad \ldots\ldots\ldots \quad 5)$$

Dabei bedeutet:

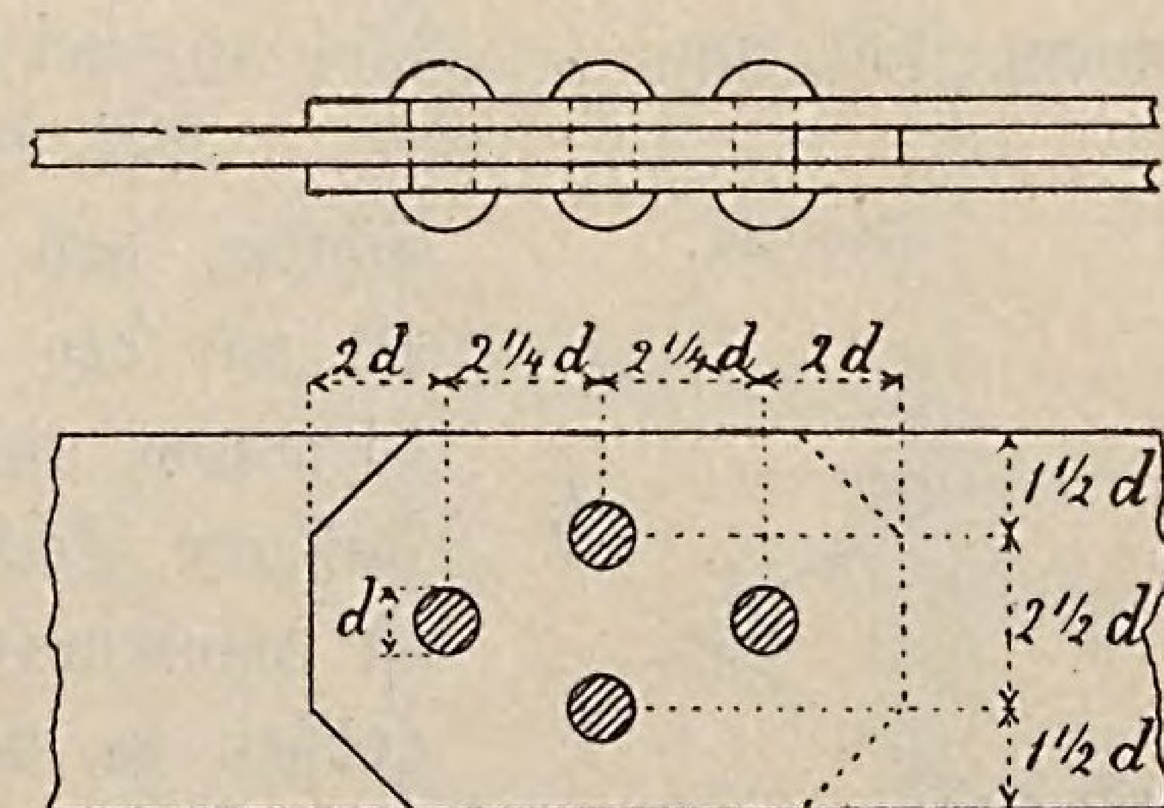
P die zu übertragende Kraft in kg,
d den Nietdurchmesser in cm,
δ die Stärke des Mittelbleches (bei zweischnittigen Nieten) in cm.

Beispiel 1. Ein Flacheisen sei einer Zugkraft von P = 6750 kg ausgesetzt, und soll mittels Nieten von 2 cm Durchmesser mit zwei andern äußeren Flacheisen verbunden werden (Fig. 23).

Wählt man die Stärke des mittleren Flacheisens $\delta = 1$ cm, so ist die Anzahl der erforderlichen Anschlußniete nach Gl. 5)

$$n = \frac{6750}{1200 \,.\, 2 \,.\, 1} + 1 = 4$$

Fig. 23.



Der Nutzquerschnitt des Flacheisens ist bei k = 750

$$F = \frac{P}{k} = \frac{6750}{750} = 9 \text{ qcm}$$

Da ein Nietloch von dem auszuführenden Gesamtquerschnitt $b\,\delta$ in Abzug zu bringen ist, so wird:

$$(b - d)\,\delta = (b - 2)\,.\,1 = 9$$

folglich:

$$b = 11 \text{ cm}$$

Diese Breite ist gerade genügend (b = 5,5 d), um die Niete nach der Anordnung der Fig. 23 unterzubringen.

Beispiel 2. Ein I-Eisen Nr. 28 soll an einen Unterzug mittels Winkeleisen und Nieten von 2 cm Durchmesser angeschlossen werden. Der zu übertragende Auflagerdruck sei P = 4600 kg.

Die Niete in dem Träger Nr. 28, dessen Steg die Dicke $\delta = 1{,}01$ cm hat, sind zweischnittig. Die erforderliche Anzahl derselben ergibt sich nach Gl. 5) zu:

$$n = \frac{4600}{1200 \cdot 2 \cdot 1{,}01} + 1 = 3$$

Die Niete in dem Unterzuge sind einschnittig, folglich ist deren Anzahl zu berechnen nach Gl. 4)

$$n = \frac{4600}{500 \cdot 2^2} + 1 = 4$$

Die Stoßverbindungen genieteter Träger sind im II. Teile dieses Werkes (Abschnitt I, § 2) ausführlicher behandelt.

§ 13.

Die Schrauben.

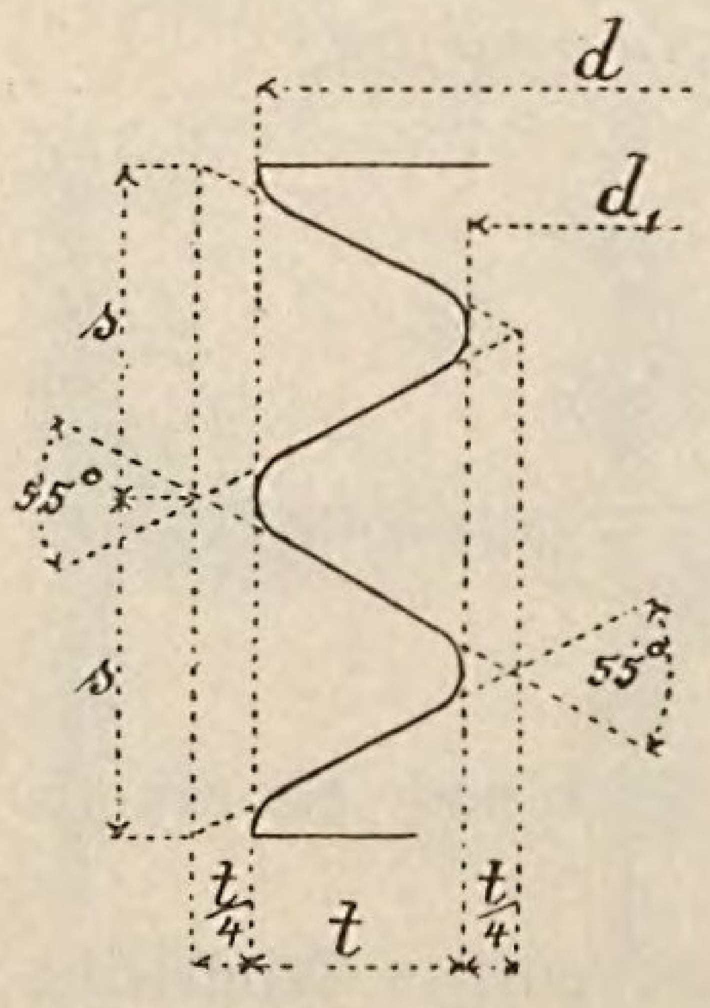
Von den Schrauben kommen für Bauzwecke als lösliche Verbindungs- oder Befestigungsmittel nur die scharfgängigen Schrauben (mit dreieckigem Gewindequerschnitt) in Frage.

Die flachgängigen Schrauben (mit rechteckigem Gewindequerschnitt), die den Zweck haben, eine drehende Bewegung in eine fortschreitende zu verwandeln (Preßschrauben, Selbstgangspindel u. s. w.) können deshalb hier unberücksichtigt bleiben.

Herstellung.

Die Herstellung der Schraubengewinde erfolgt entweder auf der Drehbank, auf der Schraubenschneidmaschine oder mittels des Schneidzeugs (Schneidbacken und Gewindebohrer). Da die Leitspindeln der Drehbänke meist nach englischem Maße ausgeführt sind, so ist bei den auf der Drehbank herzustellenden Schrauben in Bezug auf die Ganghöhe ebenfalls das englische Maß bestimmend. In der Regel wird angegeben, wieviel Gewindegänge die Länge von einem Zoll engl. (= 2,54 cm) bei einer Schraube enthalten soll.

Fig. 24.



Bei Benutzung des Schneidzeuges ist darauf zu achten, daß der Durchmesser des Bolzens nicht kleiner ist als der der herzustellenden Schraube, da sonst das Gewinde nicht rein ausgeschnitten wird und in seinen äußeren Teilen aus aufgeschnittenem Grat besteht. Es ist sogar vorteilhaft, den Durchmesser des Bolzens etwas größer zu nehmen, als den äußeren Durchmesser der Schraube, weil dann das Gewinde beim Durchstecken durch die Löcher der zu verbindenden Teile nicht so leicht beschädigt wird.

Besonderes Augenmerk ist darauf zu richten, daß die Muttern gut passend ausgeführt werden und weder schlottern, noch zu festen Gang haben.

System Whitworth.

Trotz vielfacher neuerer Bestrebungen, Gewindesysteme nach Metermaß aufzustellen, werden die Schrauben bis jetzt doch noch meistens nach dem Whitworth'schen Systeme angefertigt. Die Gewindequerschnitte (Fig. 24) bilden

dabei gleichschenklige Dreiecke, die an der Spitze wie am Grunde um 1/6 ihrer Höhe abgerundet sind. Der Kantenwinkel beträgt 55°.

In Fig. 24 ist:
- d der äußere Gewindedurchmesser,
- d_1 der innere Gewindedurchmesser oder Kerndurchmesser,
- t die Gewindetiefe,
- s die Ganghöhe.

Tabelle der scharfgängigen Schrauben nach Whitworth.

Aeußerer Gewindedurchmesser d in Zoll engl.	Aeußerer Gewindedurchmesser d in Centimeter	Kerndurchmesser d_1 in Centimeter	Anzahl der Gewindegänge auf 1″ engl.	Schlüsselweite D in Centimeter
1/4	0,63	0,47	20	1,3
5/16	0,79	0,61	18	1,6
3/8	0,95	0,74	16	1,9
7/16	1,11	0,86	14	2,1
1/2	1,27	0,99	12	2,3
5/8	1,59	1,29	11	2,7
3/4	1,90	1,57	10	3,3
7/8	2,22	1,85	9	3,6
1	2,54	2,13	8	4,0
1 1/8	2,86	2,39	7	4,5
1 1/4	3,17	2,69	7	5,0
1 3/8	3,49	2,95	6	5,4
1 1/2	3,81	3,27	6	5,8
1 5/8	4,13	3,53	5	6,3
1 3/4	4,44	3,78	5	6,7
1 7/8	4,76	4,04	4 1/2	7,2
2	5,08	4,34	4 1/2	7,6
2 1/4	5,71	4,90	4	8,5
2 1/2	6,35	5,54	4	9,4
2 3/4	6,98	6,05	3 1/2	10,3
3	7,62	6,68	3 1/2	11,2
3 1/4	8,25	7,26	3 1/4	12,1
3 1/2	8,89	7,89	3 1/4	13,0
3 3/4	9,52	8,44	3	13,8
4	10,16	9,08	3	14,7
4 1/4	10,79	9,67	2 7/8	15,6
4 1/2	11,43	10,30	2 7/8	16,5
4 3/4	12,06	10,88	2 3/4	17,4
5	12,70	11,52	2 3/4	18,3
5 1/4	13,33	12,17	2 5/8	19,2
5 1/2	13,97	12,75	2 5/8	20,1
5 3/4	14,60	13,31	2 1/2	20,9
6	15,24	13,94	2 1/2	21,8

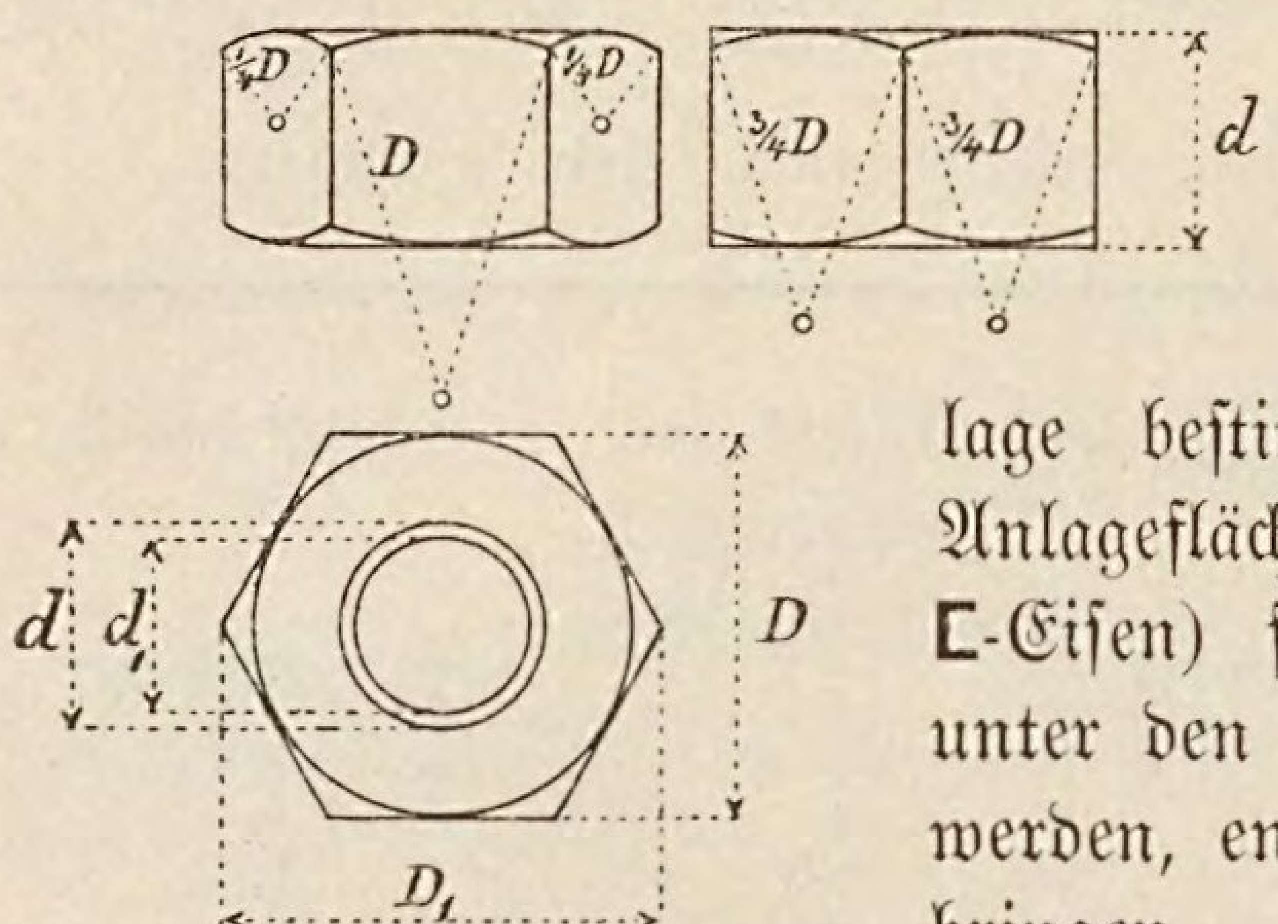
Die Mutter (Fig. 25) ist meist ein sechskantiges Prisma mit an den beiden Endflächen unter 30° gebrochenen Kanten. Der Grundriß der Mutter Kopf u. Mutter.

bildet also ein regelmäßiges Sechseck mit eingeschriebenem Kreise. Den Durchmesser dieses Kreises, oder mit andern Worten, die Entfernung zweier paralleler Seiten des Sechsecks, bezeichnet man als Schlüsselweite D und nimmt:

$$\mathbf{D = 1{,}4\,d + 0{,}5\,cm} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 6)$$

Der Grundriß des Kopfes ist gewöhnlich ein Quadrat mit der Seitenlänge D, seltener ein Sechseck.

Fig. 25.



Höhe der Mutter = d

Höhe des Kopfes = 0,8 d

Die Köpfe und Muttern der Schrauben müssen mit der ganzen zur Anlage bestimmten Fläche aufliegen. Bei schiefen Anlageflächen (z. B. bei den Flantschen der I- und ⊏-Eisen) sind deshalb unter den Muttern, sowie unter den Köpfen, soweit sie nicht genau angepaßt werden, entsprechend schiefe Unterlagsscheiben anzubringen.

Unterlagscheiben. Bei geraden Anlageflächen finden Unterlagscheiben auch dann Verwendung, wenn die Unterlage für die Mutter entweder weich (wie z. B. bei Holz), oder uneben und rauh (bei unbearbeitetem Guß) ist.

Bei Unterlagen aus Holz oder Stein nehme man

den Durchmesser der Unterlagscheibe = 3 d

die Stärke " " = $^1/_5$ d + 0,2 cm

Für Unterlagen aus Eisen wird

der Durchmesser der Unterlagscheibe = 1 $^1/_3$ D

die Stärke " " = $^1/_{10}$ d + 0,2 cm

Berechnung. Für solche Schrauben, die bei Schmiedeisenverbindungen an Stelle der Niete verwandt und auf Abscherung beansprucht werden, gelten in Bezug auf Durchmesser und Anzahl dieselben Regeln wie für die Vernietungen.

Die Entfernung der Schrauben voneinander sollte nicht kleiner als 3 $^1/_2$ d genommen werden, da andernfalls für das Anziehen der Muttern mittels des Schraubenschlüssels kein genügender Raum vorhanden ist.

Bei Gußeisenverbindungen pflegt man den Durchmesser der Schrauben gleich oder auch wohl etwas kleiner zu nehmen, als die Stärke der zu verbindenden Platten.

Werden die Schrauben auf Zug beansprucht (wie z. B. bei den Zugstangen der Dachkonstruktionen u. dergl.), und ist P die in der Achsenrichtung wirkende Kraft in kg, so nehme man den Kerndurchmesser:

$$\mathbf{d_1 = \frac{1}{20}\sqrt{P}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 7)$$

Wird die Schraube dabei (durch Anziehen der Mutter) zugleich auf Torsion beansprucht, so ist zu setzen:

$$d_1 = \frac{1}{15}\sqrt{P} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad 8)$$

Der äußere Schraubendurchmesser ist danach aus der Tabelle S. 27 zu entnehmen.

Beispiel. Eine Schraube sei durch die Kraft P = 6400 kg auf Zug beansprucht, wird unter deren Einwirkung aber nicht angezogen:

Der Kerndurchmesser ergibt sich dann nach Gl. 7) zu:

$$d_1 = \frac{1}{20}\sqrt{6400} = 4 \text{ cm}$$

folglich ist nach der Tabelle S. 27 zu wählen:

$$d = 4{,}76 \text{ cm} = 1^7/_8{}''$$

Soll die Schraube unter Einwirkung derselben Last P angezogen werden, so muß nach Gl. 8) sein:

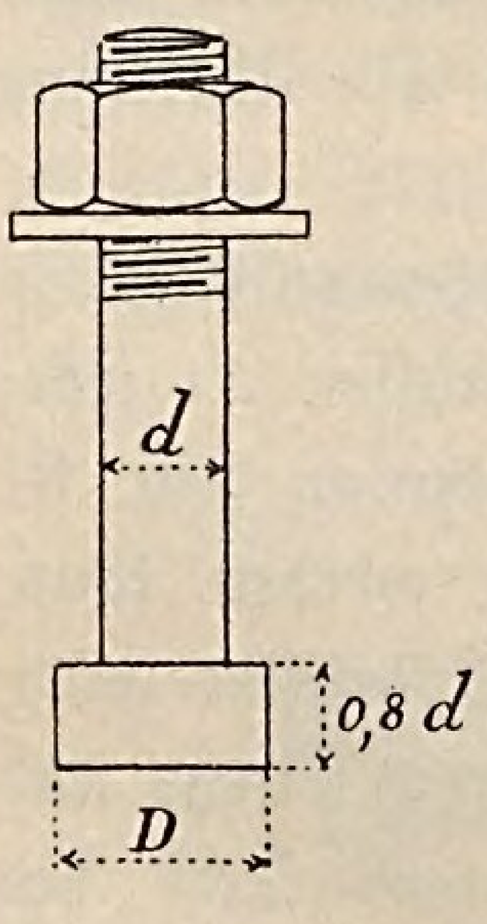
$$d_1 = \frac{1}{15}\sqrt{6400} = 5{,}33 \text{ cm}$$

Entsprechend dem nächsten in der Tabelle aufgeführten Werte ($d_1 = 5{,}54$) wird dann der äußere Schraubendurchmesser:

$$d = 6{,}35 \text{ cm} = 2^1/_2{}''$$

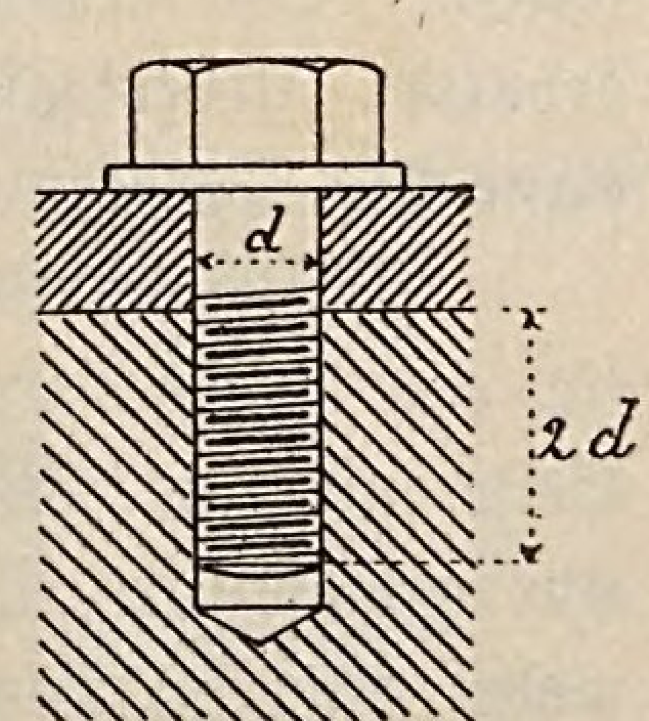
Außer der vollständigen sog. **Mutterschraube** (Fig. 26), welche mit Kopf **und** Mutter versehen ist, kommen verschiedene Abarten vor, die mit besonderen Namen bezeichnet werden. *Abarten der Schrauben.*

Fig. 26.



Bei der **Kopfschraube** (Fig. 27) ist das Muttergewinde in einen der zu verbindenden Teile eingeschnitten.

Fig. 27.



Besteht dieser Teil aus Gußeisen, und muß die Schraube häufig gelöst werden, so ist die **Stiftschraube** (Fig. 28) vorzuziehen.

Bei der **Splintschraube** (Fig. 29) ist der Kopf durch einen Keil oder Splint ersetzt.

Die **Hakenschraube** (Fig. 30) wird benutzt zur Befestigung von

Fig. 28.

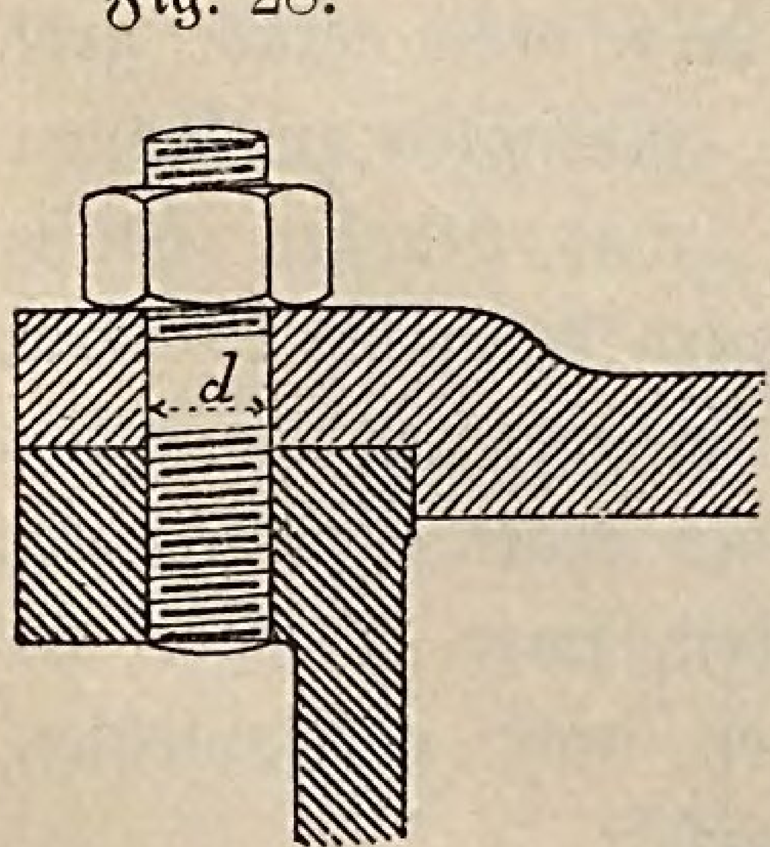


Fig. 29.

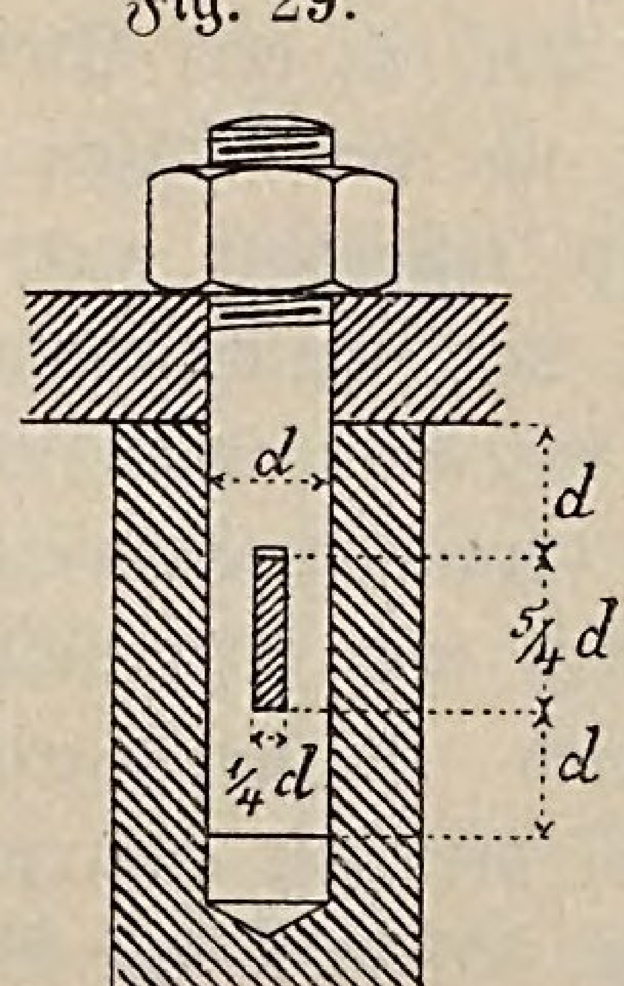
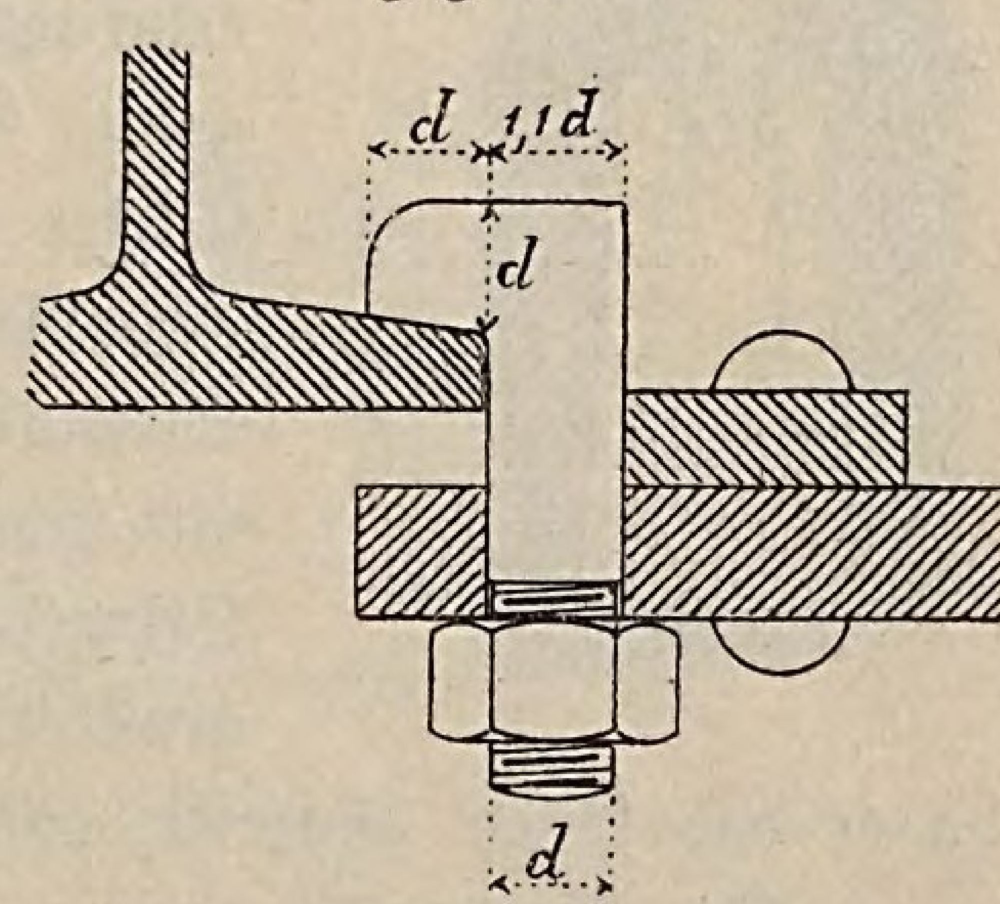


Fig. 30.



Konstruktionsteilen an Trägern, deren Flantschen nicht durch Einbohren von Löchern geschwächt werden sollen. Sie findet unter anderm häufige Anwendung, um bei Deckenkonstruktionen von eisernen Trägern mit zwischengespannten Steinkappen die Unterstützungen für die Lehrgerüste an den Trägerflantschen aufzuhängen.

Die Stehbolzenschrauben (Fig. 31 bis 33) dienen zur Verbindung

Fig. 31.

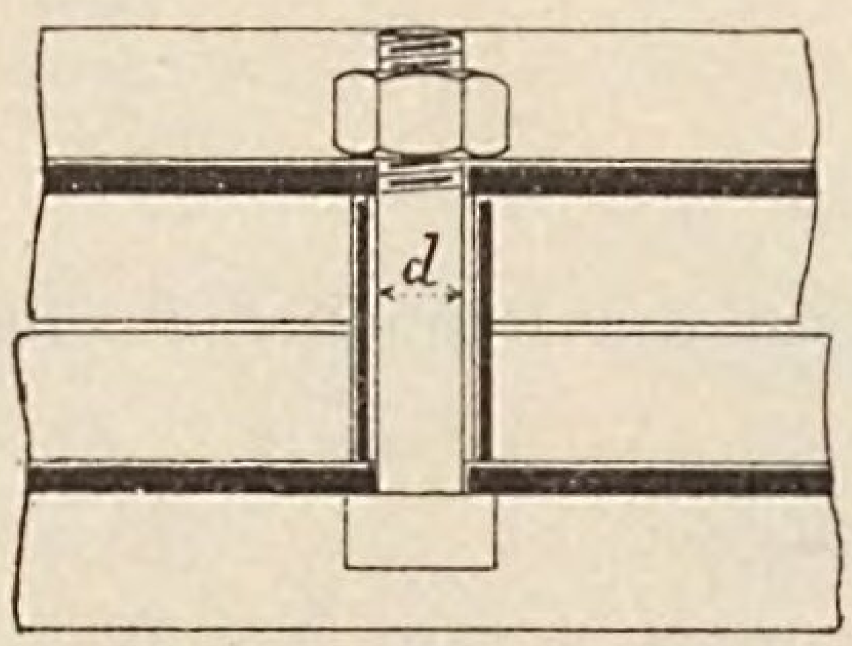


Fig. 32.

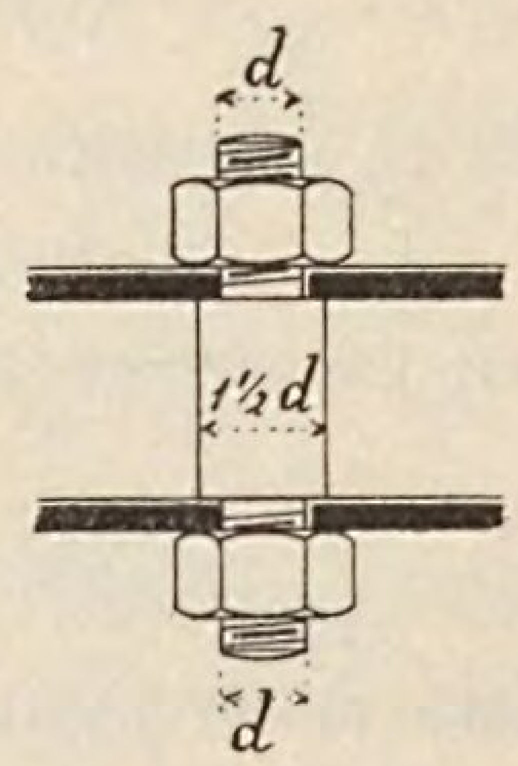
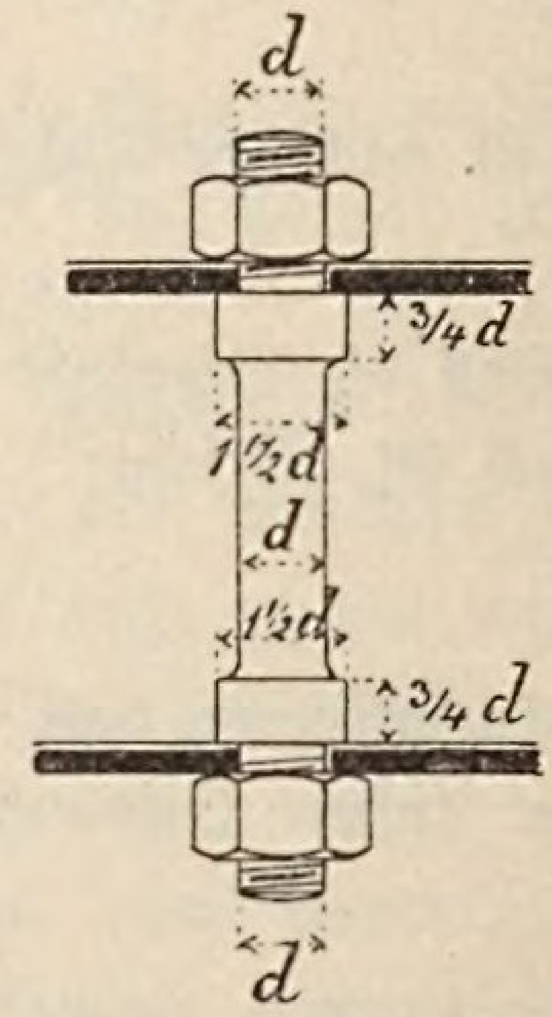


Fig. 33.

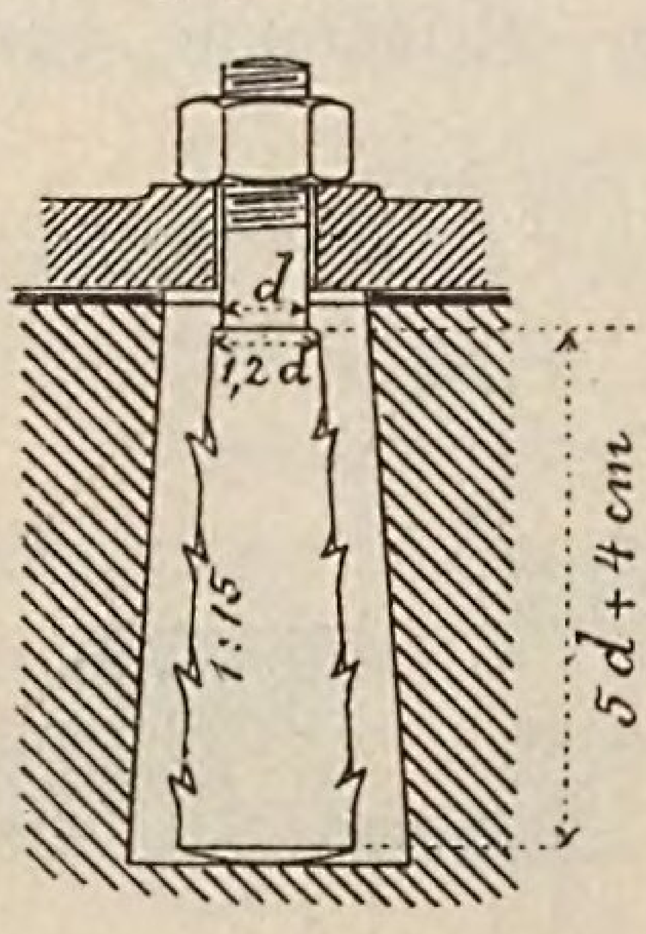


von zwei Körpern, die in bestimmter Entfernung voneinander gehalten werden sollen. Sie kommen namentlich viel vor bei mehreren nebeneinander angeordneten Ueberlagschienen, desgleichen zur Verbindung zweier als Unterzug dienender Träger.

Die Schraube Fig. 32 ist passend für eine kleinere, diejenige Fig. 33 für eine größere Entfernung der zu verbindenden Teile; beide müssen an jeder Seite mit einer Mutter versehen sein, während bei der Anordnung Fig. 31 eine gewöhnliche Schraube mit Kopf an einer Seite verwendet werden kann, wobei ein auf Länge abgeschnittenes Gasrohr als Distancestück benutzt wird.

Die Steinschraube (Fig. 34) dient zur Befestigung von Eisen- und Holzteilen mit Werksteinen. Der untere Teil des Schraubbolzens hat quadratischen Querschnitt und ist an den Kanten mit tiefen, durch den Meißel erzeugten Einkerbungen versehen. Das sich nach unten konisch erweiternde Loch in dem Stein muß oben gerade groß genug sein, um den Bolzen gut einbringen zu können. Dieser sollte festgekeilt werden, was indessen häufig unterbleibt; der Zwischenraum wird dann bei kleineren Schrauben mit Blei oder Gips, bei größeren am besten mit Cement vergossen. Schwefel, der wegen seiner leichten Schmelzbarkeit und Dünnflüssigkeit zwar häufiger angewendet wird, ist zum Vergießen nicht zu empfehlen, da er das Eisen angreift, und mit der Zeit auch zerbröckelt.

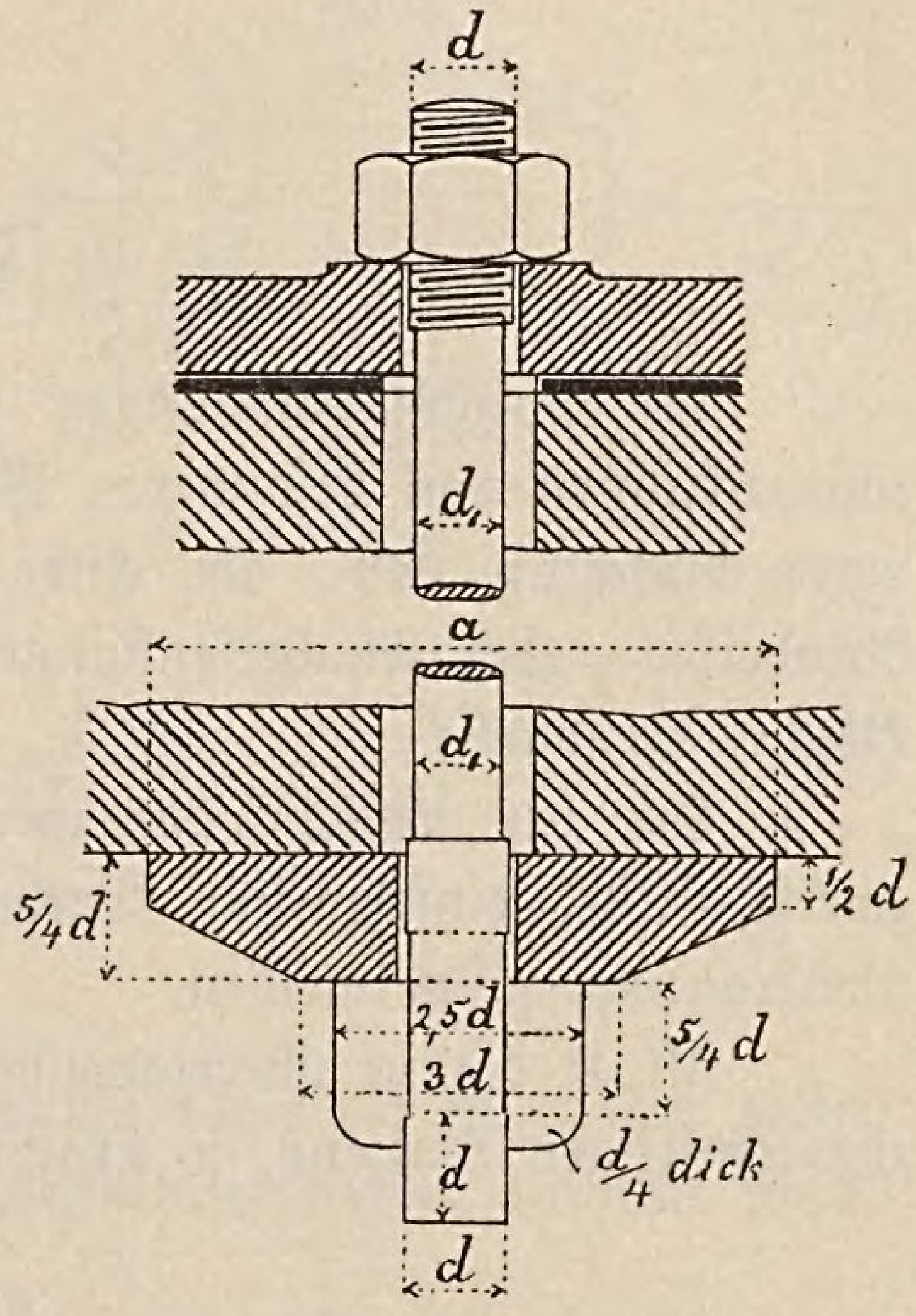
Fig. 34.



Die Ankerschraube (Fig. 35) wird zur Befestigung von Eisenteilen

mit Mauerwerkskörpern in vertikaler, horizontaler oder auch schräger Richtung verwandt. Sie ist bei größeren Kräften, namentlich bei Befestigung von Maschinen auf dem Fundamente und wenn Erschütterungen stattfinden können (z. B. wenn schwere Transmissionen noch an die Säulen gehängt werden) der Steinschraube vorzuziehen.

Fig. 35.



Es genügt, den Durchmesser des Ankerbolzens gleich dem Kerndurchmesser des Gewindes zu nehmen, wie in Fig. 35 angedeutet ist, indessen läßt man häufig, namentlich bei kleineren Ankern, den äußeren Gewindedurchmesser ganz durchgehen.

Durch die **Ankerplatte**, gegen welche sich der Kopf oder die Mutter, oder ein durch den Anker hindurchgesteckter, mit Nasen versehener Splint legt, wird der Druck auf eine größere Fläche des Mauerwerkes übertragen. Die Platte wird aus Gußeisen meist quadratisch hergestellt und erhält etwa die Seitenlänge:

a = 8 d bei Backsteinunterlage,

a = 5 d bei Quaderunterlage.

Kleinere Platten werden massiv ausgeführt, größere häufig als Rippenguß ausgebildet (Fig. 36).

Fig. 36.

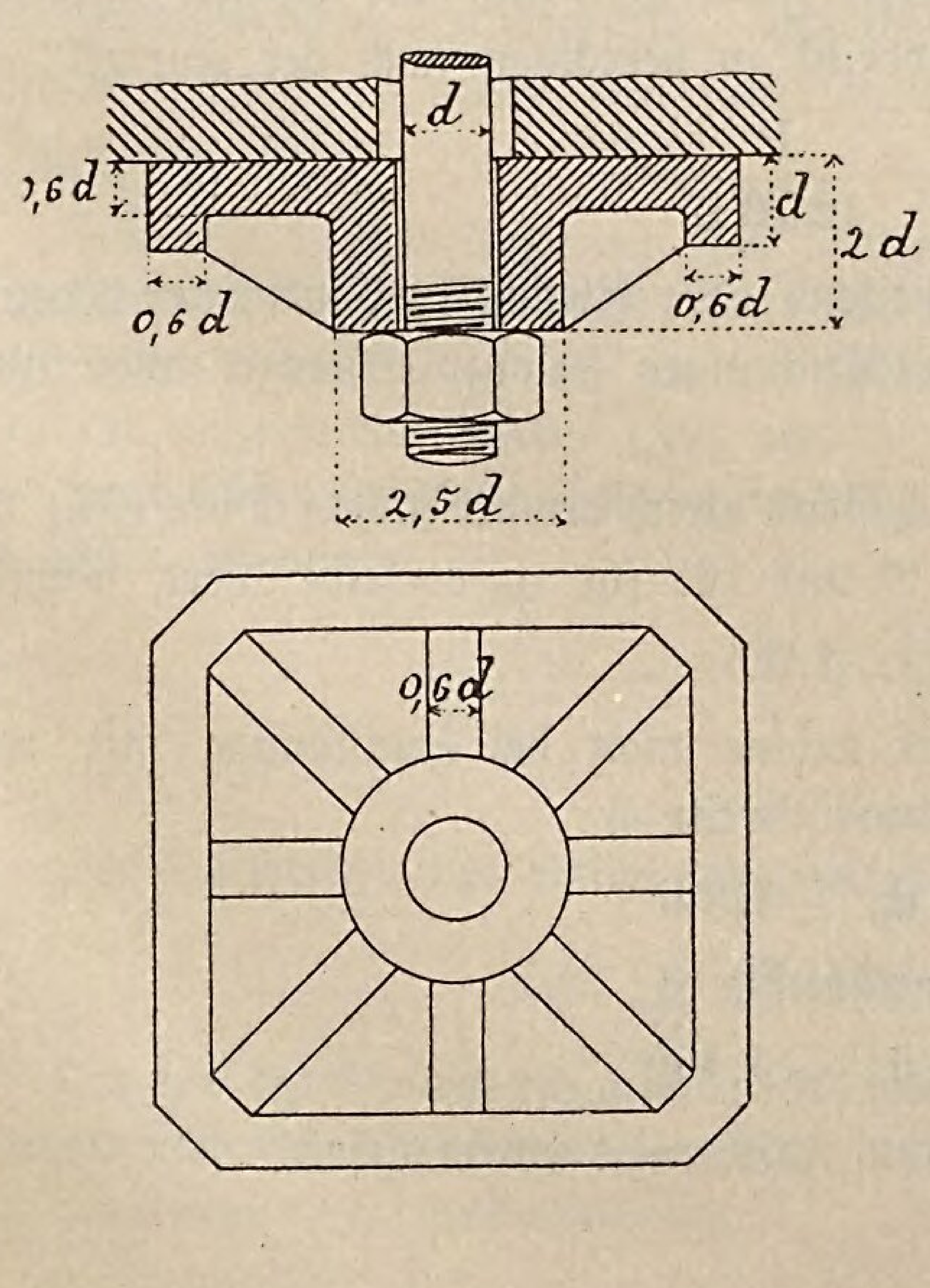
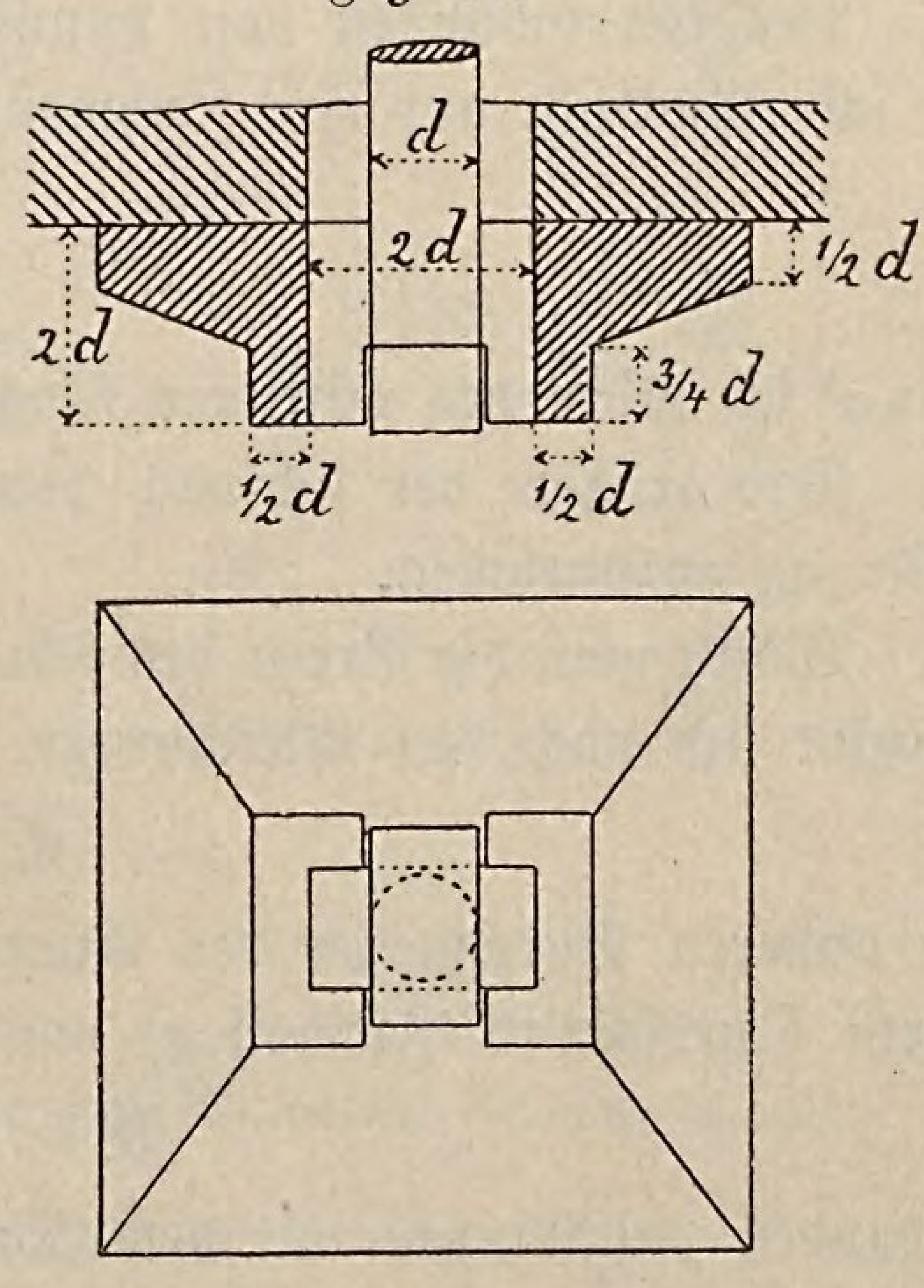


Fig. 37.



Bei der Ankerplatte Fig. 37, die sofort bei Aufführung des Fundamentes zu vermauern ist, wird der mit einem länglich rechteckigen Kopfe versehene Anker später von oben eingebracht, in tiefer Lage um 90° gedreht und dann angezogen. Diese Anordnung gewährt den Vorteil, daß die Kammer unter der Ankerplatte von außen nicht zugänglich zu sein braucht.

§ 14.

Die Bolzen.

Die Bolzenverbindungen sind im Eisenhochbau speziell bei den Dachkonstruktionen von besonderer Wichtigkeit. Es wird durch dieselben ein drehbarer Anschluß von, am Ende mit einem entsprechenden Auge versehenen, Rundeisen- oder Flacheisenstangen aneinander oder an andre Teile, meistens Bleche, hergestellt.

Die bei weitem am meisten vorkommenden Bolzenverbindungen sind zweischnittig; einschnittige Verbindungen sind wegen der excentrischen Kraftübertragung zn vermeiden.

Berechnung des Durchmessers.

Ist P die zu übertragende Kraft in Kilogramm, d_0 der Durchmesser des zweischnittigen Bolzens, so ergibt sich mit Rücksicht auf Abscherung:

$$d_0 = \frac{1}{30} \sqrt{P}$$

Wegen der stets auftretenden Biegung nehme man dafür:

$$\mathbf{d_0 = \frac{1}{25} \sqrt{P}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 9)$$

Bei Verbindungen von dünneren Flacheisen sind die Bolzen außerdem noch mit Rücksicht auf den Lochwanddruck zu berechnen nach der Formel:

$$\mathbf{d_0 = \frac{P}{1200\,\delta}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 10)$$

worin δ die Dicke des mittleren Flacheisens oder Bleches in Centimeter bedeutet.

Der größere der sich nach den Gleichungen 9) oder 10) ergebenden Werte ist für d_0 anzunehmen.

Wählt man die Breite des Flacheisens gleich der dreifachen Dicke (Fig. 38), so ergibt sich nach den Gleichungen 9) und 10) für d_0 derselbe Wert, nämlich:

$$\mathbf{d_0 = 1{,}9\,\delta} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 11)$$

Den äußeren Durchmesser des Auges nehme man bei Zugstangen mit rechteckigem Querschnitt (Flacheisen) von der Breite b:

$$\mathbf{D = d_0 + 1{,}3\,b} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 12)$$

bei runden Zugstangen mit dem Durchmesser d:

$$\mathbf{D = d_0 + 1{,}4\,d} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 13)$$

Die Stärke des Auges ist im letzteren Falle = d vorausgesetzt.

Fig. 39 zeigt eine Bolzenverbindung von Rundeisenstangen, bei welcher die eine Stange am Ende mit einer Gabel versehen, die andre zu einem Auge ausgebildet ist. Diese Verbindung kommt indessen im Hochbau seltener vor,

Fig. 38.

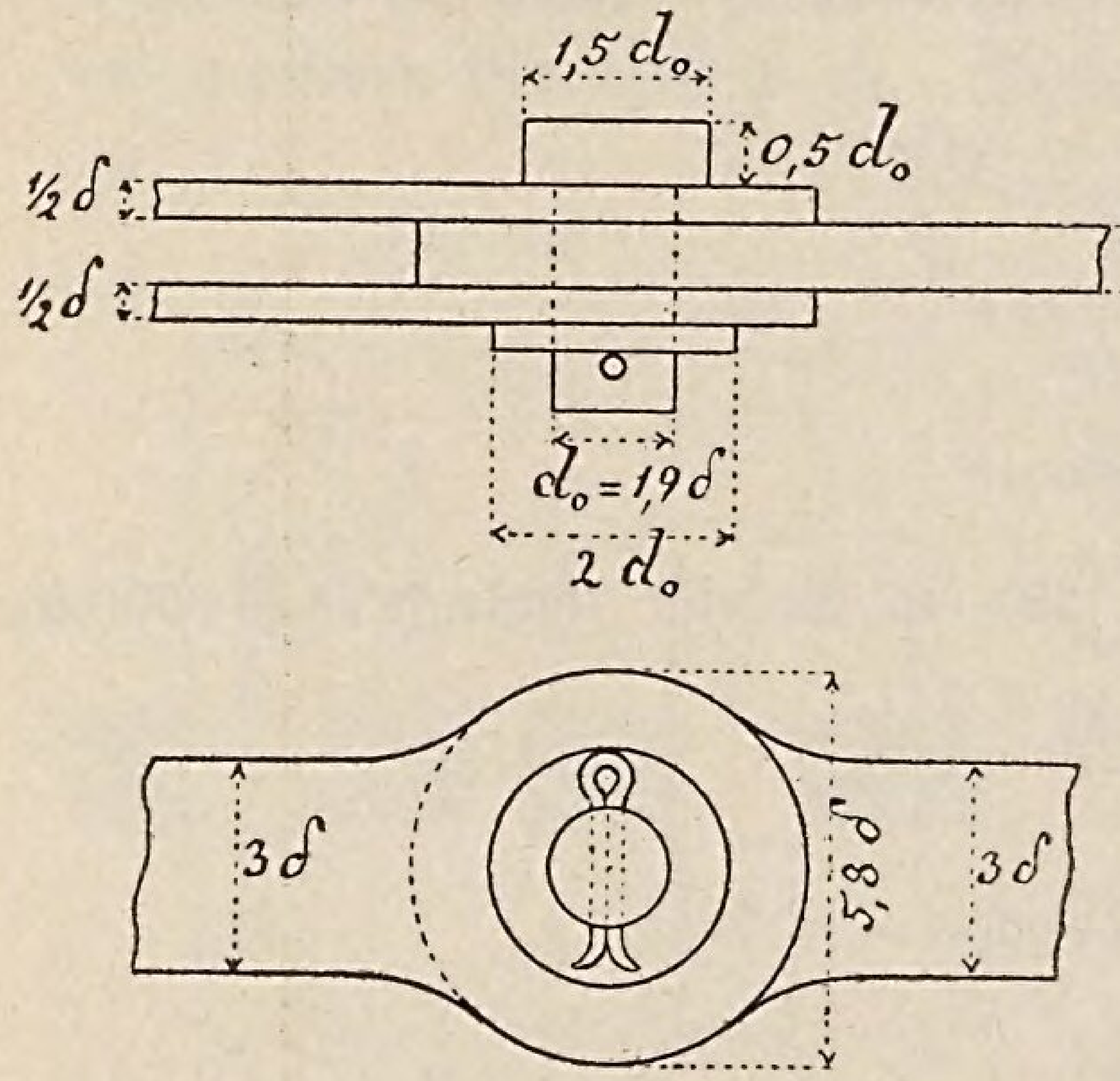
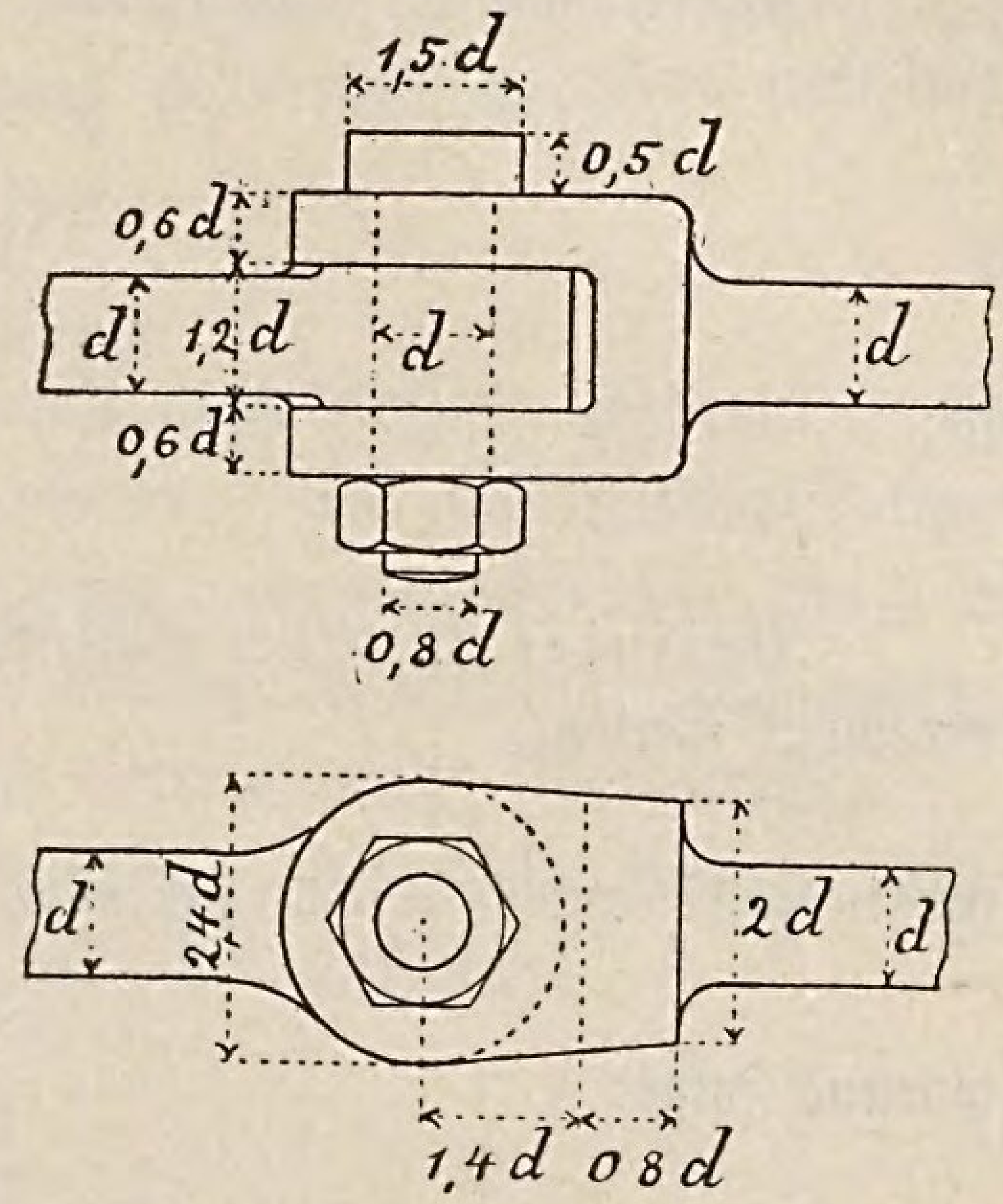


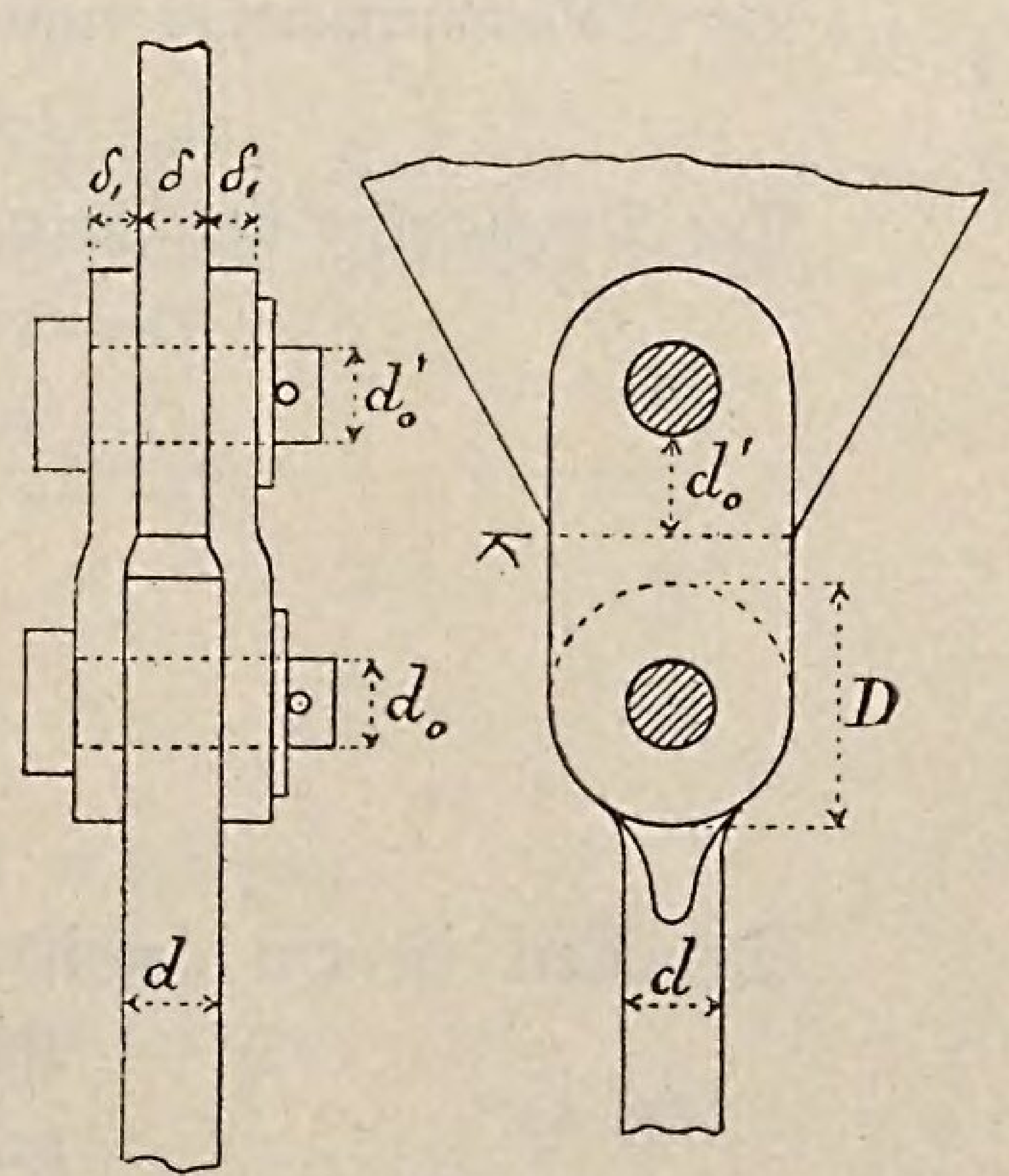
Fig. 39.



da die gute Ausbildung der Gabel verhältnismäßig schwierig ist, daher dieser Anschluß entweder zu teuer oder bei weniger sorgfältiger Arbeit unsolide wird.

Sehr ausgebreitete Anwendung findet dagegen die Anordnung Fig. 40, in welcher der Anschluß einer Rundeisenstange an ein Blech mittels zweier außen aufgelegter Laschen dargestellt ist. Letztere erhalten eine solche Stärke, daß die zu beiden Seiten des Bolzenloches verbleibenden Querschnitte derselben zusammen mindestens gleich dem Querschnitt der Zugstange ist.

Fig. 40.



Beispiel 1. Ein Rundeisen, auf welches eine Zugkraft P = 4500 kg wirkt, soll mittels Doppellaschen an ein Knotenblech von der Stärke $\delta = 1{,}3$ cm angeschlossen werden (Fig. 40).

Der erforderliche Durchmesser d des Rundeisens ergibt sich aus:

$$\frac{d^2\pi}{4} = \frac{P}{k} = \frac{4500}{750} = 6$$

zu:

$$d = \backsim 2{,}8 \text{ cm}$$

Der Durchmesser des Anschlußbolzens für das Rundeisen ist nach Gl. 9):

$$d_0 = \frac{1}{25}\sqrt{4500} = 2{,}7 \text{ cm}$$

Der für das Knotenblech erforderliche Bolzen ist auf Lochwanddruck zu berechnen und erhält nach Gl. 10) den Durchmesser:

$$d_0' = \frac{4500}{1200 \cdot 1,3} = 2,9 \text{ cm}$$

Der äußere Durchmesser des Auges wird nach Gl. 13)

$$D = 2,7 + 1,4 \cdot 2,8 = 6,6 \text{ cm}$$

Führt man die Laschen in derselben Breite aus, so ergibt sich die Stärke δ_1 derselben aus:

$$2(D - d_0')\,\delta_1 = \frac{d^2 \pi}{4}$$

$$2(6,6 - 2,9)\,\delta_1 = 6$$

zu:

$$\delta_1 = 0,8 \text{ cm}$$

Beispiel 2. Eine Gelenkkette (Fig. 38) soll für eine Zugkraft $P = 9000$ kg berechnet werden.

$$b\,\delta\,k = P$$

für $b = 3\delta$ und $k = 750$ kg wird:

$$3\delta^2 \cdot 750 = 9000$$

woraus folgt:

$$\delta = \sqrt{\frac{9000}{3 \cdot 750}} = 2 \text{ cm}$$

$$\delta_1 = \frac{1}{2}\,\delta = 1 \text{ cm}$$

$$b = 3\delta = 6 \text{ cm}$$

Der Bolzendurchmesser ergibt sich nach Gl. 11) zu:

$$d_0 = 1,9 \cdot \delta = 1,9 \cdot 2 = 3,8 \text{ cm}$$

Der Durchmesser des Auges wird nach Gl. 12):

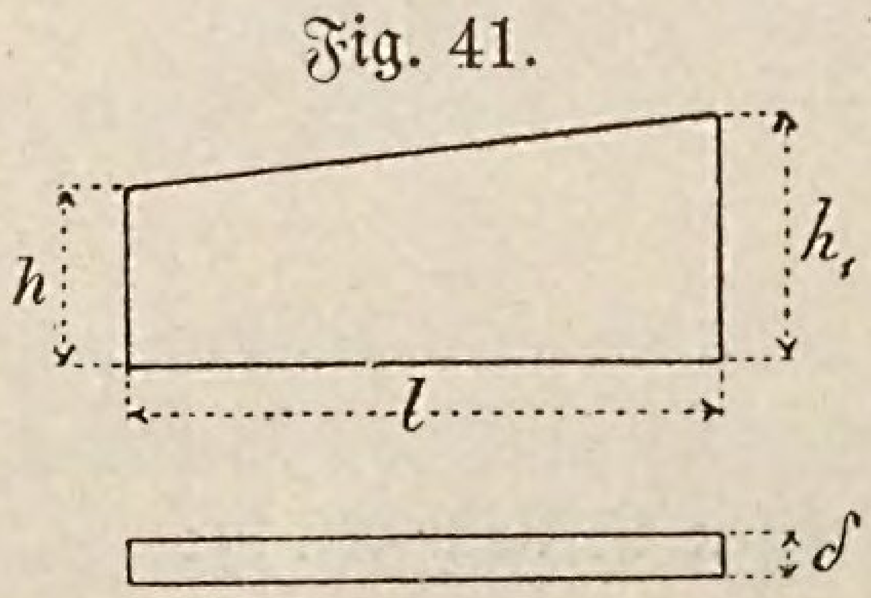
$$D = 3,8 + 1,3 \cdot 6 = 11,6 \text{ cm}$$

§ 15.

Die Keile.

Der Keil ist ein, meist aus Stahl oder auch Schmiedeisen bestehender Körper von konstanter Dicke, dessen Längsseiten gegeneinander geneigt sind (Fig. 41).

Fig. 41.



Man nennt das Verhältnis:

$$\frac{1}{n} = \frac{h_1 - h_2}{l}$$

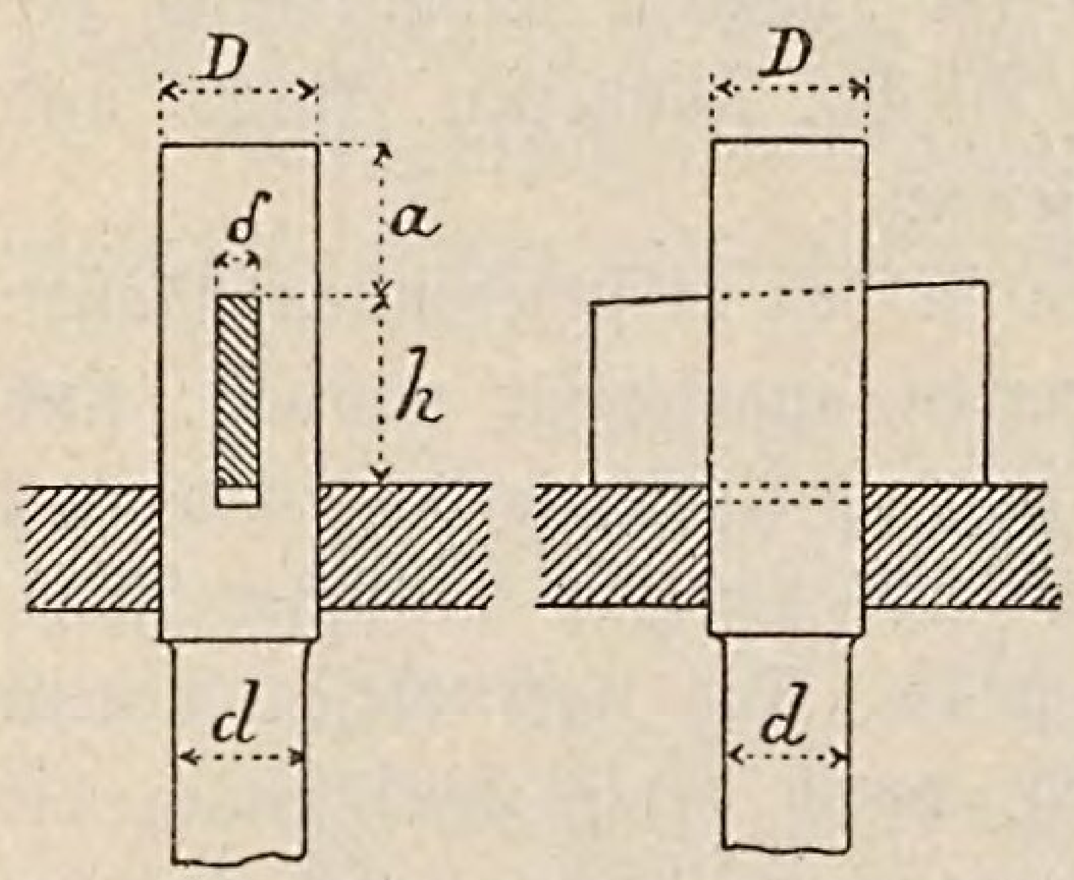
den Anzug des Keiles, den man etwa $= 1:20$ annehmen kann. Nur wenn ein Zurückgehen des Keiles durch besondere Mittel verhindert wird, kann der Anzug stärker (bis $1:10$) genommen werden.

Das Keilloch erhält eine etwas größere Höhe, als der Keil selbst, so

daß dieser an der unbelasteten Seite Luft hat und ein nachträgliches Anziehen desselben möglich ist.

Der Keil kommt als Befestigungs- oder Verbindungsmittel meistens nur bei Rundeisen vor, welches passend am Ende durch Aufstauchen so verstärkt wird, daß der durch das Keilloch geschwächte Querschnitt gleich dem Querschnitt des massiven Rundeisens ist. Diese Bedingung ist erfüllt durch:

Fig. 42.



$$\mathbf{D} = \frac{5}{4}\,\mathbf{d} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad 14)$$

Der Keil selbst muß dieselbe Sicherheit gegen Abscheren bieten, als die Rundeisenstange gegen Zerreißen; ferner darf der durch den Keil auf die Stange ausgeübte Lochwanddruck die zulässige Grenze nicht überschreiten.

Mit Rücksicht auf diese Punkte nimmt man (Fig. 42) die Keildicke:

$$\delta = \frac{1}{4}\,\mathbf{D} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad 15)$$

die mittlere Keilhöhe:

$$\mathbf{h} = \frac{5}{4}\,\mathbf{D} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad 16)$$

Das übliche Maß vom Keilloch bis zum Ende der Stange ist:

$$\mathbf{a} = \mathbf{D} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad 17)$$

Beispiel. Eine auf ein Rundeisen wirkende Zugkraft $P = 12000$ kg soll mittels Keilverbindung auf einen andern Konstruktionsteil übertragen werden:

Aus:

$$\frac{d^2\pi}{4} = \frac{P}{k} = \frac{12000}{750} = 16$$

ergibt sich der Durchmesser des Rundeisens zu:

$$d = 4{,}52 \text{ cm}$$

Nach Gl. 14) wird dann: $D = \frac{5}{4} \cdot 4{,}52 = 5{,}65$ cm

" " 15) " " $\delta = \frac{1}{4} \cdot 5{,}65 = 1{,}4$ cm

" " 16) " " $h = \frac{5}{4} \cdot 5{,}65 = 7$ cm

" " 17) " " $a = 5{,}65$ cm

Abschnitt III.

Die Walzeisen und deren Verbindungen.

§ 16.

Walzeisenprofile.

Die durch Auswalzen hergestellten und im Hochbau hauptsächlich zur Verwendung kommenden Eisenerzeugnisse sind: Bleche, Flacheisen, Rund- und Vierkanteisen, und die sog. Façon- oder Profileisen.

Deutsche Normalprofile.

Für die letzteren, welche früher allgemein in den verschiedensten Maßen und Bezeichnungen von den einzelnen Walzwerken angefertigt wurden, sind in den Jahren 1879 und 1880 auf Anregung und im Auftrage des Verbandes deutscher Architekten- und Ingenieurvereine, und des Vereins deutscher Ingenieure bestimmte einheitliche Profilregeln aufgestellt. Die nach diesen Regeln hergestellten „Deutschen Normalprofile"*), durch deren Einführung die Arbeit für den Konstrukteur außerordentlich erleichtert wird, haben sich seit der Zeit, da einerseits die höchsten Behörden die Verwendung derselben im Bauwesen befürworteten und sogar zum Teil direkt anordneten, andrerseits die Walzwerke großes Entgegenkommen zeigten, sehr rasch einen solchen Eingang verschafft, daß bei allen Staats- und andern öffentlichen Bauten durchweg, bei Privatbauten größtenteils nur noch Normalprofileisen verwendet werden.

Die Bezeichnungen für die Normalprofile sind so gewählt, daß durch die Nummer zugleich das Hauptmaß (Höhe), oder die beiden wichtigsten Maße (Höhe und Breite), und zwar in Centimetern, für das betreffende Profileisen angegeben wird.

Preise.

Die Walzwerke verkaufen ihre Erzeugnisse zu einem gewissen, aber schwankenden und von der Geschäftslage der Eisenindustrie abhängigen Grundpreise nach dem Gewicht. Ueberschreiten die gewünschten Dimensionen eine gewisse Größe, oder werden Stücke von außergewöhnlichem Gewichte verlangt, so gelten Ueberpreise, d. h. es ist ein je nach Umständen höherer oder geringerer, sonst aber feststehender (von der Geschäftslage unabhängiger) Zuschlag zu dem Grundpreise zu bezahlen. Auch für schwierig zu walzende und für weniger gangbare Artikel werden Ueberpreise berechnet.

Für die Längen der Lagerprofile garantieren die Walzwerke nur mit einem Spielraum von 5 cm. Bei genauen Längen (mit ± 0,5 cm Spielraum) werden gewöhnlich etwas höhere Preise gerechnet.

1. Glatte Bleche. Die Konstruktionsbleche werden zwar in Stärken bis zu 3,5 cm und in verschiedenen Längen und Breiten gewalzt, indessen pflegen die im Baufache vorkommenden Bleche selten stärker als 2 cm zu sein. Am meisten benutzt werden Bleche von 0,7 cm bis 1,5 cm Dicke.

---

*) Vgl. „Deutsches Normal-Profil-Buch" von Heinzerling und Intze.

Für die über 0,7 cm starken Bleche werden (nach Angabe der Dillinger Hüttenwerke) Ueberpreise berechnet:

a) wenn das Totalgewicht 600 kg überschreitet,

b) wenn die Breite größer als 1,7 m, die Fläche größer als 6 qm ist. Die größten Längen und Breiten, bis zu denen Bleche von verschiedenen Stärken überhaupt ausgewalzt werden, sind aus den Preislisten der Hüttenwerke zu entnehmen.

Die in den Eisenhandlungen auf Lager gehaltenen Bleche (sog. Magazinformate) haben 2 m Länge bei 1 m Breite.

2. Gerippte Bleche (Riffelbleche). Die eine Seite dieser Bleche ist glatt, die andere mit 0,2 cm bis 0,3 cm hohen, schräg oder quadratisch angeordneten Rippen versehen (Fig. 43 und 44). Sie werden gewalzt bis zu 1,5 m Breite und bis zu 4 qm Flächeninhalt bei Stärken (exkl. Rippe) von 0,4 cm bis 1,5 cm.

Fig. 43.

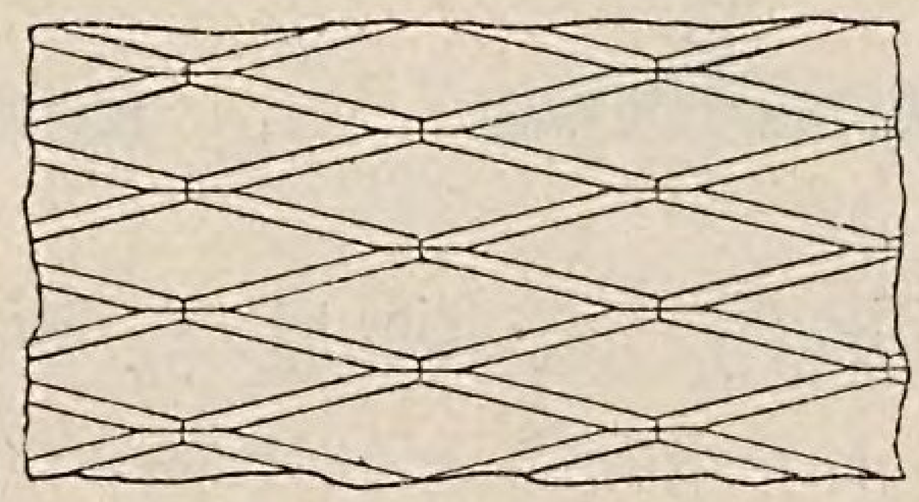
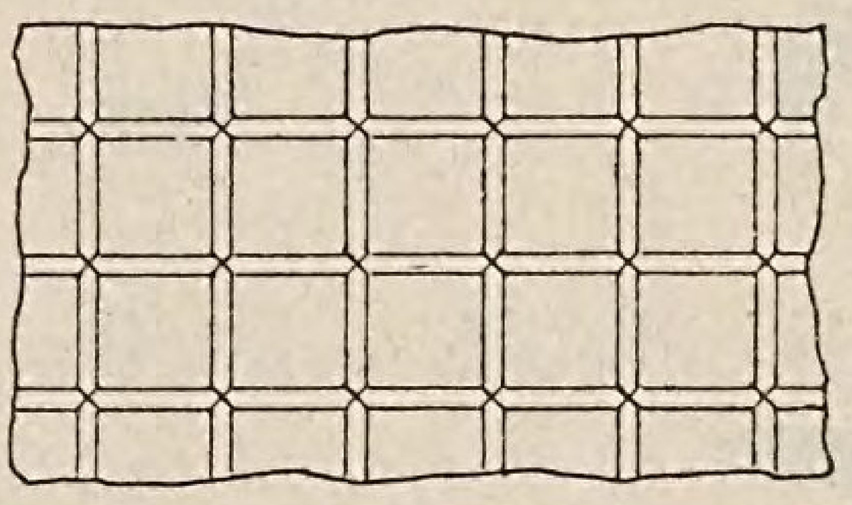


Fig. 44.



3. Wellenbleche. Man unterscheidet gewöhnliche oder flache Wellenbleche (Fig. 45) und Trägerwellenbleche (Fig. 46); bei ersteren ist die Wellenhöhe kleiner, bei letzteren gleich oder größer als die halbe Wellenbreite.

Fig. 45.

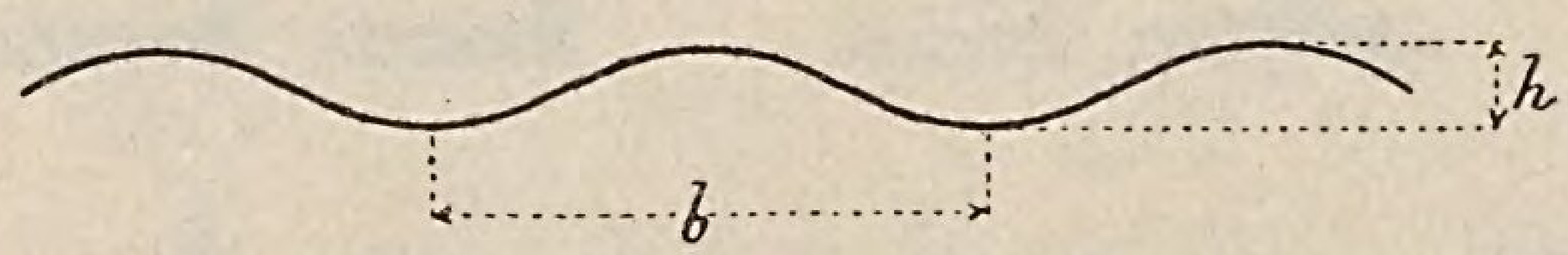
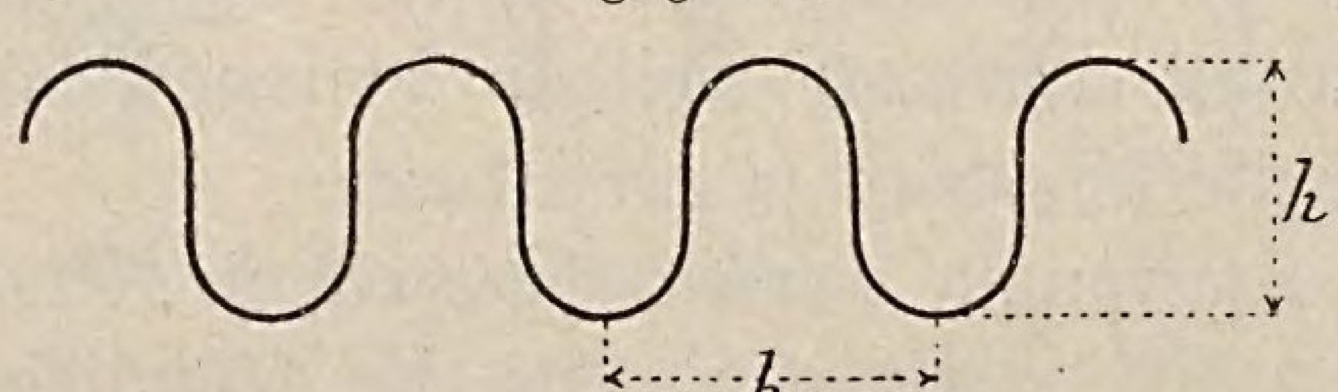


Fig. 46.



Die Breiten der Bleche schwanken zwischen 50 und 75 cm; die Längen betragen bis zu 3 m für die dünneren, bis zu 6 m für die dickeren Sorten. Die flachen Wellenbleche werden in Stärken von 0,75 bis 2 mm, die Trägerwellenbleche in Stärken von 1 bis 4 mm von den Walzwerken geliefert.

Für alle Wellenbleche werden Ueberpreise berechnet, die mit der Länge der Bleche steigen; für Verzinken oder Verbleien ist noch ein Extrazuschlag zu zahlen.

Gebogenes Wellblech nennt man „bombiert".

4. Rundeisen. Es wird geliefert:

von 0,5 bis 3 cm	Durchmesser	in	Abstufungen	von	0,1 cm
„ 3 „ 8 „	„	„	„	„	0,2 „
über 8 „	„	„	„	„	0,25 „

Die Normallängen sind 4 m und 6 m; für größere Längen als 6 m werden Ueberpreise berechnet.

5. Vierkanteisen. Die Abstufungen in den Stärken sind die gleichen wie bei Rundeisen; die Normallängen ebenfalls 4 m und 6 m.

6. Flacheisen. Die Stärken nehmen von 0,5 cm an aufwärts um je 0,1 cm zu. Die Breiten steigen:

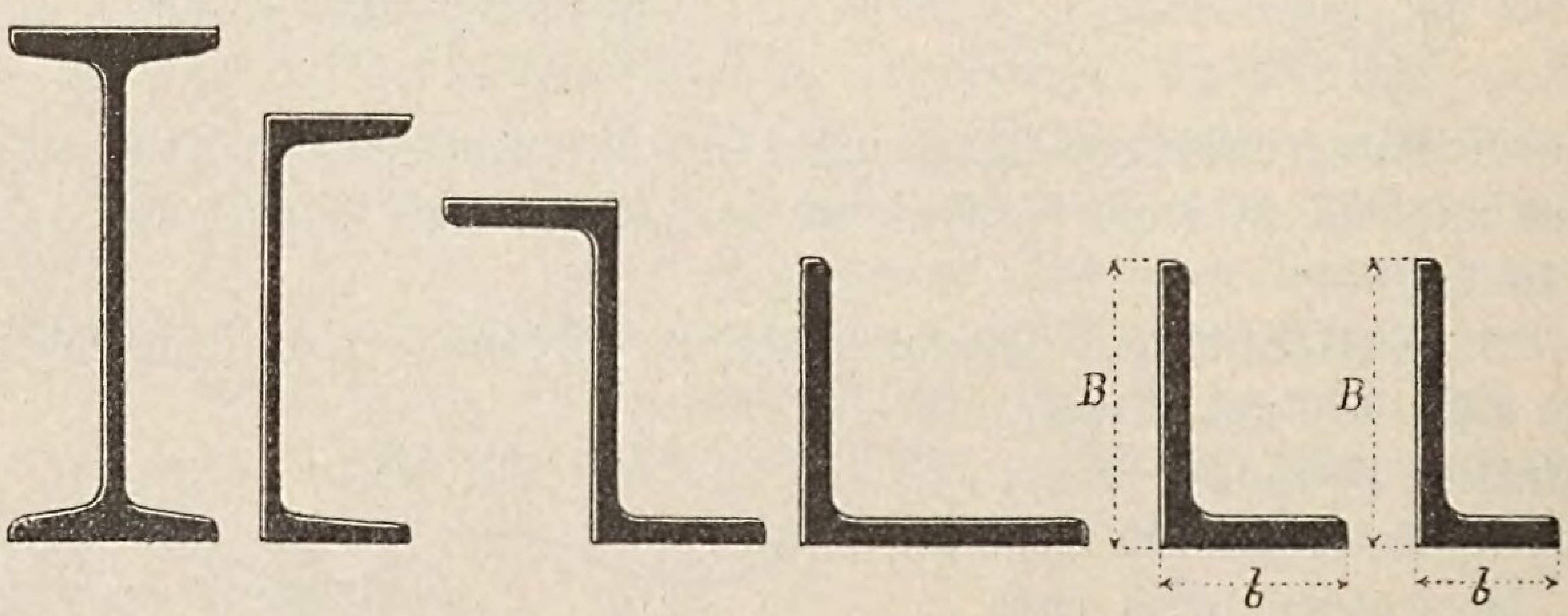
von 1 bis 5 cm um je 0,2 cm
„ 5 „ 10 „ „ „ 0,5 „
„ 10 und darüber „ „ 1 „

Grundpreise gelten bis zu 6 m Länge und 200 kg Gewicht.

7. I-Eisen (Fig. 47) werden gewalzt in Höhen von 8 cm bis 50 cm und zwar:

in Höhen von 8 bis 24 cm mit Abstufungen von 1 cm
„ „ „ 24 „ 40 „ „ „ „ 2 „
„ „ „ 40 „ 50 „ „ „ „ $2\frac{1}{2}$ „

Fig. 47. Fig. 48. Fig. 49. Fig. 50. Fig. 51. Fig. 52.



Die zum Grundpreise abgegebenen Normallängen betragen 10 m, die Maximallängen 14 m. Längen von 10 bis 14 m, und auch die stärkeren Profile (von Nr. 26 an aufwärts) bedingen Preiszuschläge. Bei Längen über 14 m sind die Preise besonders zu vereinbaren.

Lagerprofile werden abgegeben in Magazinlängen:

von 4 bis 9 m in Abstufungen von 20 cm
„ 9 „ 10 „ „ „ „ 25 „

8. [-Eisen (Fig. 48).

9. Z-Eisen (Fig. 49).

10. Gleichschenklige Winkeleisen (Fig. 50). Sie werden geliefert:

von $1\frac{1}{2}$ bis 8 cm Schenkelbreite mit Abstufungen von $\frac{1}{2}$ cm
„ 8 „ 16 „ „ „ „ „ 1 „

Die kleineren Sorten bis zu $3\frac{1}{2}$ cm Schenkelbreite werden in 2 Stärken, die übrigen in 3 Stärken gewalzt.

11. Ungleichschenklige Winkeleisen werden in 2 Stärken und bezüglich des Verhältnisses der Schenkelbreiten in 2 Sorten angefertigt, nämlich:

$$B = 1\frac{1}{2} \,.\, b \text{ (Fig. 51)}$$

und:

$$B = 2 \,.\, b \text{ (Fig. 52).}$$

12. ⊥-Eisen. Man unterscheidet hochstegige und breitfüßige ⊥-Eisen.

Bei den hochstegigen ⊥-Eisen (Fig. 53) ist: b = h
„ „ breitfüßigen „ „ (Fig. 54) „ b = 2 h.

Bei den unter Nr. 8 bis 12 aufgeführten Profileisen, für welche durchweg Ueberpreise gelten, sind die Normallängen 8 m, die Maximallängen 12 m.

Fig. 53.

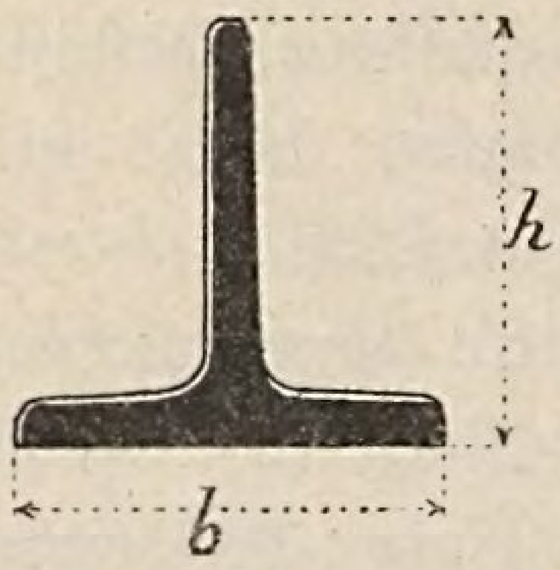


Fig. 54.

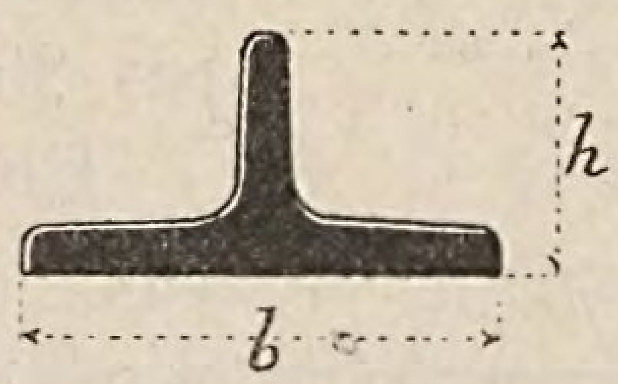


Fig. 55.

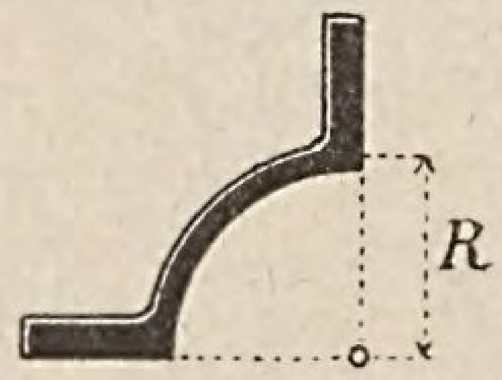
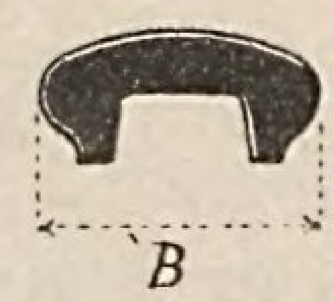


Fig. 56.



13. Quadrant-(⌐)-Eisen oder Säuleneisen (Fig. 55) kommt in 5 verschiedenen Größen von R = 5 cm bis R = 15 cm und in Wandstärken von 0,4 bis 1,8 cm zur Ausführung.

Längen und Preise sind besonders zu vereinbaren.

14. Handleisten- oder Geländereisen (Fig. 56) in 5 Breiten von B = 4 cm bis B = 12 cm.

Außer diesen aufgeführten Normalprofilen sind noch folgende, im Hochbau häufig zur Verwendung kommende Walzeisenformen zu nennen:

Fig. 57.

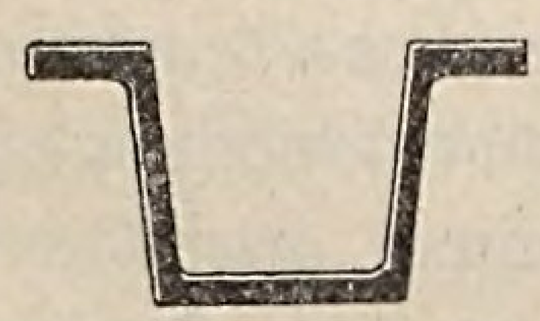


Fig. 58.

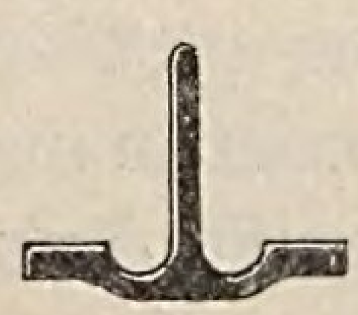


Fig. 59.



Fig. 60.

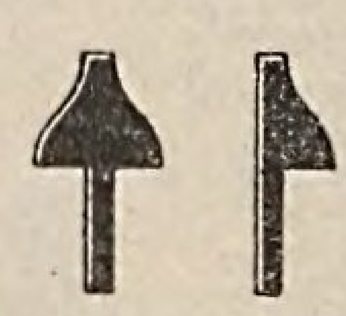
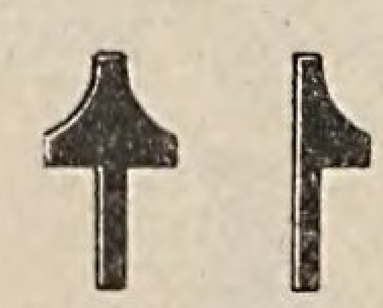


Fig. 61.



15. Rinneneisen (Fig. 57) für größere Oberlichter.

16. Sprosseneisen (Fig. 58 und 59) mit eingewalzten Rillen zur Ableitung des Schweißwassers, für mittlere und kleine Oberlichter.

17. Ganzes und halbes Fenstereisen (Fig. 60 und 61).

Es verdient noch Erwähnung, daß an Stelle kleinerer I-Eisen gelegentlich ausrangierte oder mit kleinen (die Brauchbarkeit im Baufache aber nicht beeinträchtigenden) Fehlern behaftete Eisenbahnschienen des billigen Preises wegen als Ueberlagschienen bei geringen Spannweiten mit Vorteil benutzt werden.

Als Façoneisen, die allerdings von der eigentlichen Konstruktion ganz unabhängig sind, und nur dekorativen Zwecken dienen, sind schließlich noch die Ziereisen (z. B. die Mannstädt'schen) anzuführen.

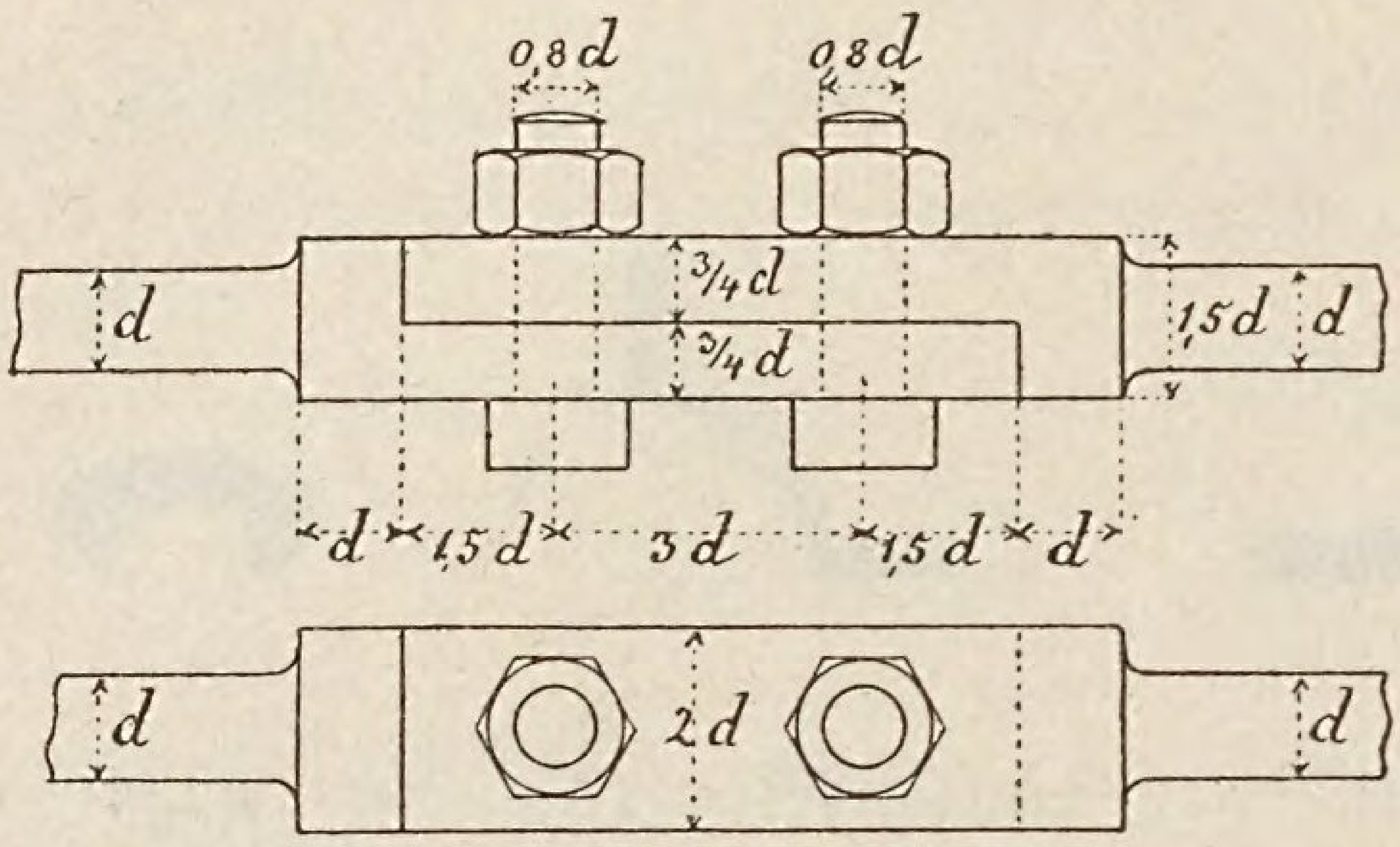
§ 17.

Verlängerungen.

Flacheisen wird verlängert durch Nietung mit Hilfe von Doppellaschen nach den in § 12 angegebenen Regeln.

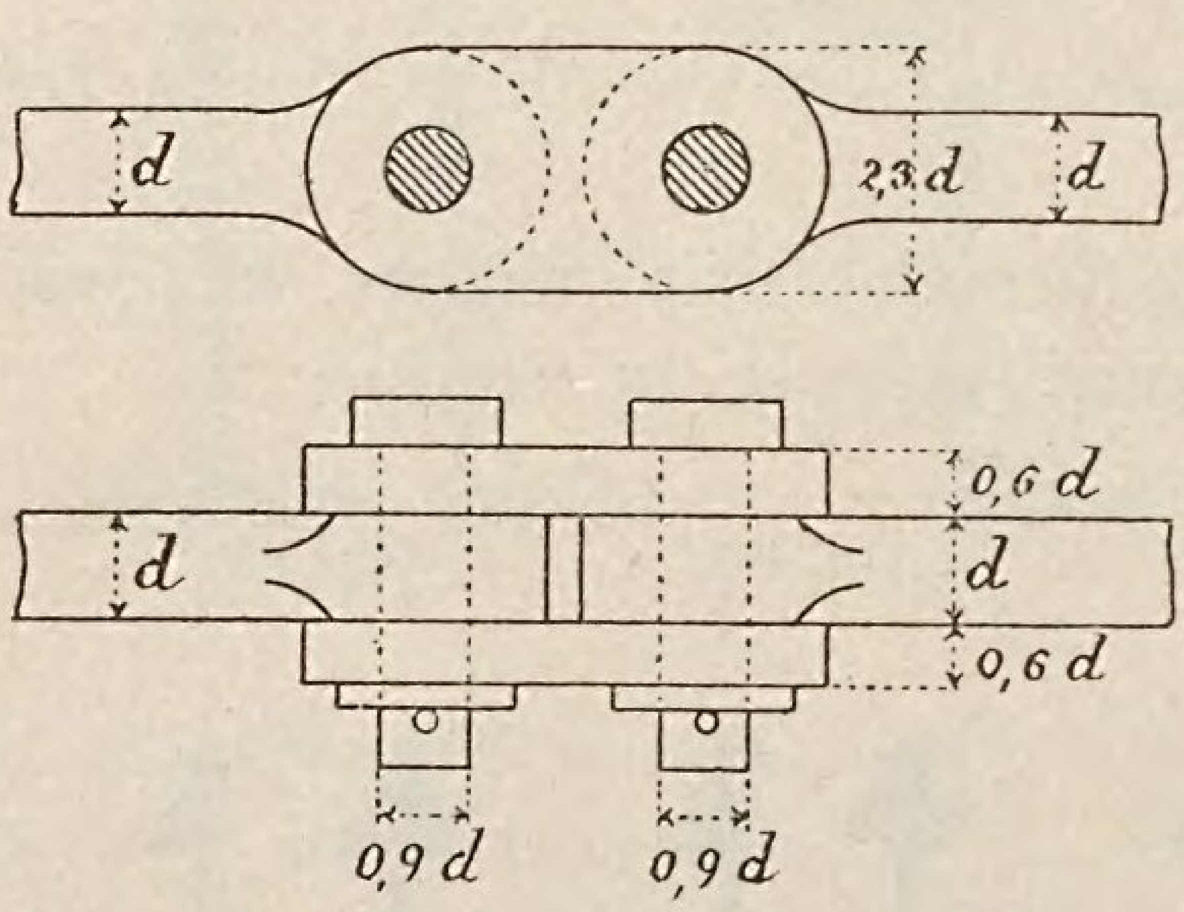
Rundeisen. **Rundeisen** kann durch Anwendung verschiedener Mittel verlängert werden, je nachdem die ganze Verbindung starr, gelenkig oder regulierbar sein soll. In allen diesen Fällen ist die Verbindung so auszubilden, daß sie dieselbe Festigkeit besitzt als das Rundeisen selbst.

Fig. 62.



Eine starre Längsverbindung von Rundeisen zeigt Fig. 62. Die Enden der beiden Rundeisenstangen werden dabei zunächst aufgestaucht, und darauf flach ausgeschmiedet und zusammengeschraubt.

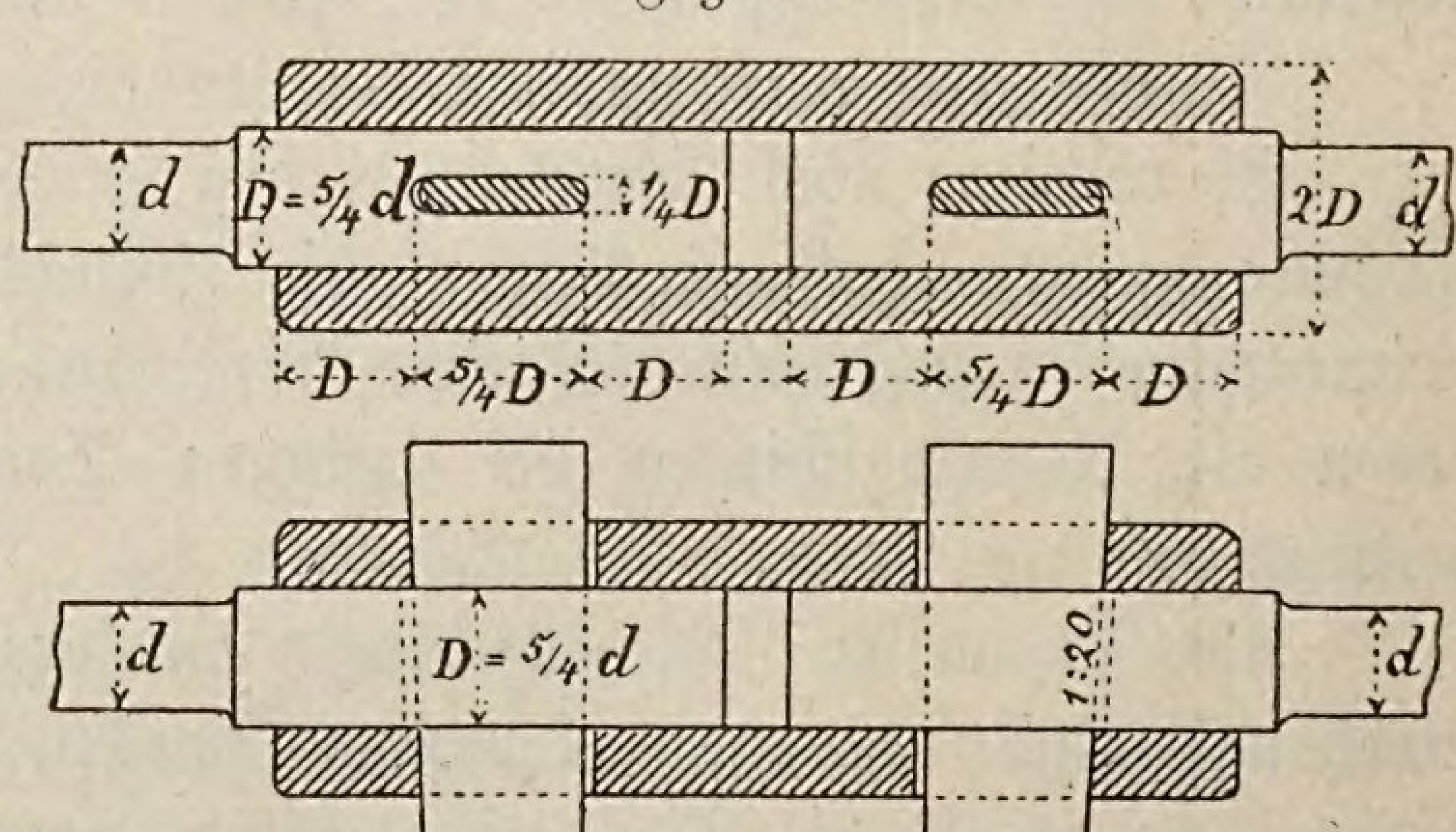
Fig. 63.



Gelenkige Verbindungen zur Verlängerung von Rundeisen werden ausgeführt als Gabelverbindung nach Fig. 39, S. 33, oder (häufiger und auch besser) nach Fig. 63 mit Doppellaschen.

Regulierbare Längsverbindungen sind dann am Platze, wenn den Stangen von vornherein (vor der Belastung) schon eine gewisse Spannung erteilt werden soll, wie z. B. den unteren Zugstangen der Dachkonstruktionen. Hauptsächlich sind hier zu nennen die Keilverbindung (Fig. 64) und das Spannschloß (Fig. 65).

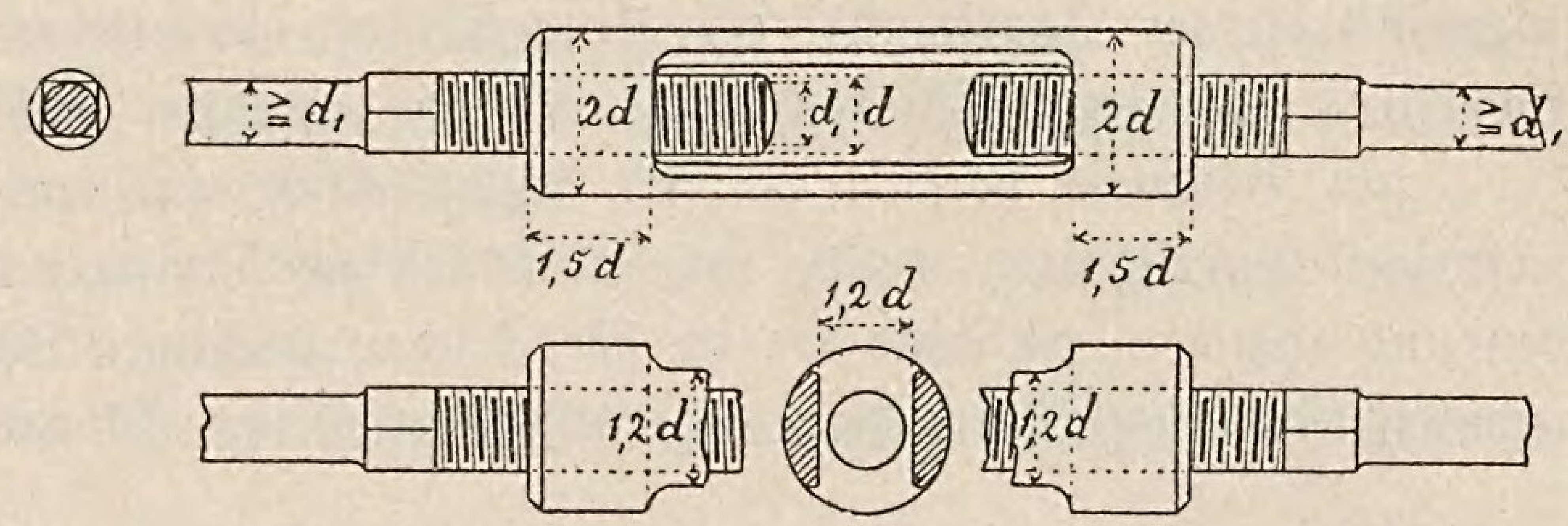
Fig. 64.



Letzteres besteht aus 2 durch Stege miteinander verbundenen Muttern, von denen die eine linkes, die andere rechtes Gewinde hat. Ein Spannschloß als ganz geschlossene Muffe herzustellen ist nicht ratsam, da man alsdann nicht beurteilen kann, ob die mit entsprechendem Gewinde versehenen Stangenenden ge-

nügend tief in die Muttern eingeschraubt sind. Damit beim Andrehen des Spannschlosses die Stangen in sich nicht verwunden werden, ist es praktisch, an den Stangenenden unmittelbar vor den Gewinden ein Vierkant anzubringen. Durch einen dort aufgesetzten Schraubenschlüssel können dann die Stangen in ihrer Lage gehalten und an Verdrehung gehindert werden.

Fig. 65.



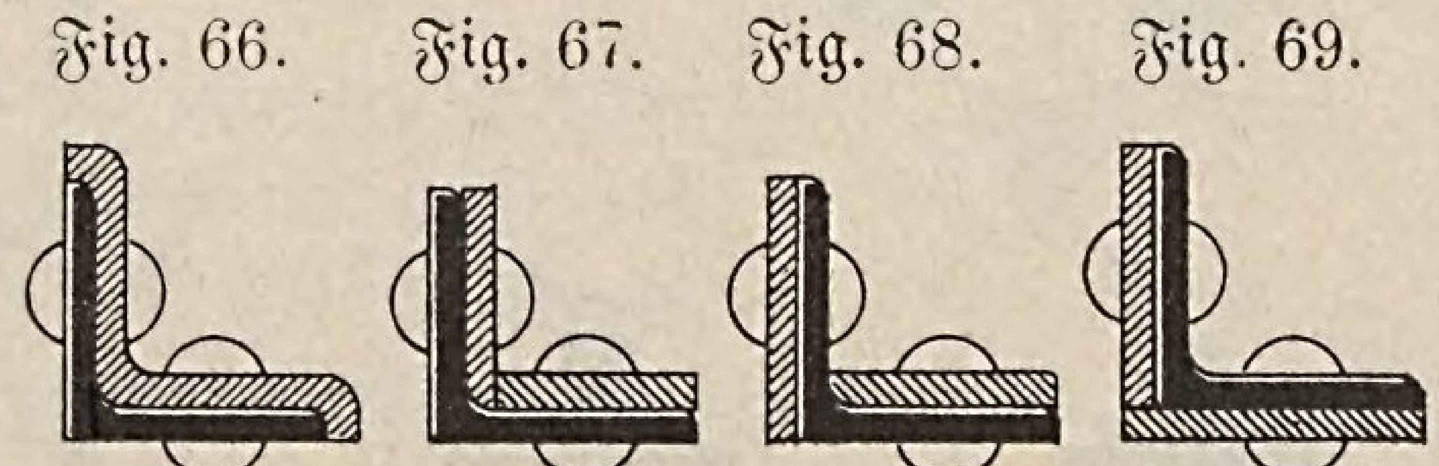
Der innere Kerndurchmesser d_1 des Gewindes ist nach Gl. 8, S. 29 zu berechnen; daraus ergibt sich nach der Tabelle S. 27 der äußere Gewindedurchmesser d. Meistens gibt man (namentlich bei kleinen Verhältnissen) den Rundeisenstangen ebenfalls die Stärke d, es genügt indessen, den Durchmesser derselben $= d_1$ zu nehmen, was bei größeren Spannstangen der Materialersparung wegen auch häufiger gethan wird.

Die Verlängerung der Profileisen geschieht ausschließlich durch Nietung. In Bezug auf Zahl und Stellung der Niete kann dabei auf die Regeln des § 12 verwiesen werden. Profileisen.

Bei dem Stoße der Winkeleisen verwendet man Deckwinkel (Fig. 66), oder Flacheisenlaschen, welch letztere entweder innen oder außen aufgelegt sein können (Fig. 67 bis 69). — Der Querschnitt des Deckwinkels, bezw. der Laschen muß gleich dem Querschnitt des gestoßenen Winkels sein.

Die Anzahl n der erforderlichen Anschlußniete ist bei Zugbeanspruchung gleich dem durch ein Nietloch geschwächten Querschnitt des Winkels, dividiert durch den Nietquerschnitt.

Fig. 66. Fig. 67. Fig. 68. Fig. 69.



z. B. bei einem Winkel $8 \times 8 \times 1$ und dem Nietdurchmesser von 2 cm ist:

$$n = \frac{(8 + 8 - 1 - 2) \cdot 1}{\frac{2^2 \pi}{4}} = \frac{13}{3,14} = 4,14 \text{ dafür } 5.$$

Die I-, ⊏-, Z-Eisen werden verlängert durch doppelte Verlaschung des Steges. Bei Zug- oder Druckbeanspruchung muß dabei der Querschnitt der Laschen gleich dem Querschnitt des betreffenden gestoßenen Eisens sein. Werden die Stäbe auf Biegung in Anspruch genommen, so muß das Widerstandsmoment der Stoßlaschen gleich dem Widerstandsmomente des gestoßenen Stabes sein.

Bei den aus mehreren Walzeisen zusammengesetzten Querschnitten ordnet man entweder Universalstöße oder versetzte Stöße an. Zusammengesetzte Querschnitte.

Bei ersteren sind sämtliche Teile in derselben Ebene, bei den letzteren die einzelnen Teile in verschiedenen Ebenen gestoßen.

Da durch Anwendung von versetzten Stößen die Ausführung der Arbeit erschwert wird und das Zusammenfügen der ungleich lang vorstehenden Teile an der Baustelle sehr zeitraubend ist, so ist im allgemeinen zur Verlängerung zusammengesetzter Querschnitte der Universalstoß vorzuziehen, obgleich derselbe eine etwas geringere Festigkeit besitzt als die versetzten Stöße.

Im Baufache handelt es sich hauptsächlich nur um die Verlängerung derjenigen Querschnitte, welche für schmiedeiserne Säulen und Stützen zur Verwendung kommen, während die im Brückenbau wichtigen Stöße der zusammengesetzten Gurtquerschnitte hier unberücksichtigt bleiben können.

Fig. 70.

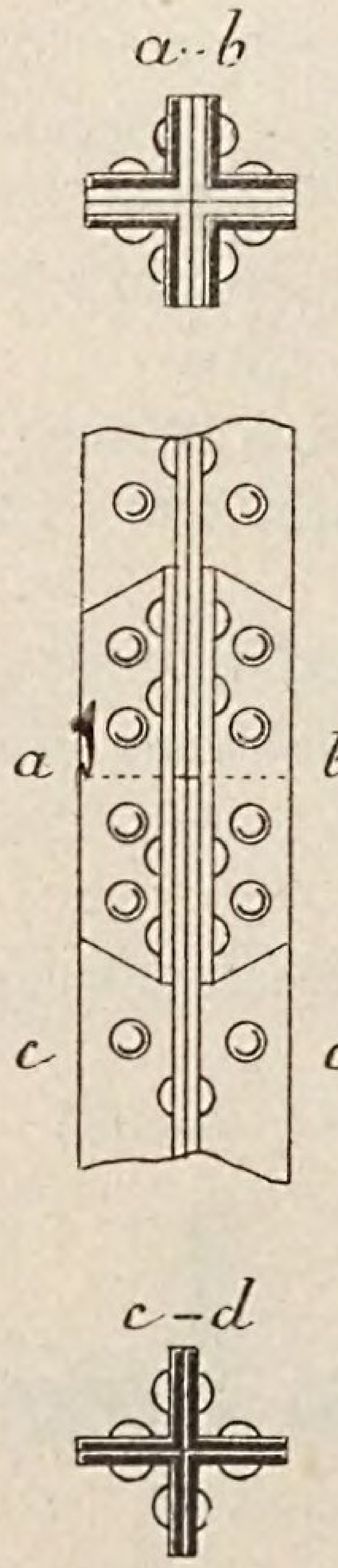


Fig. 71.

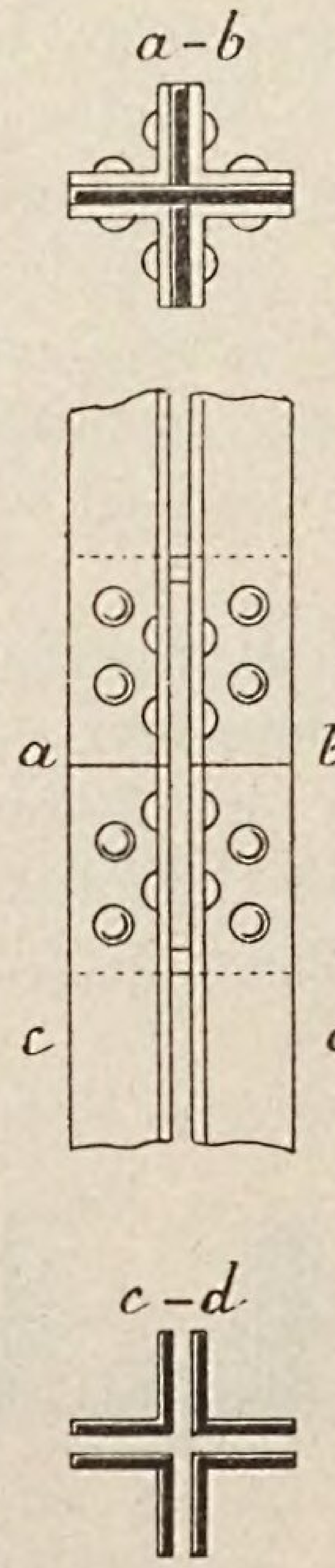


Fig. 72.

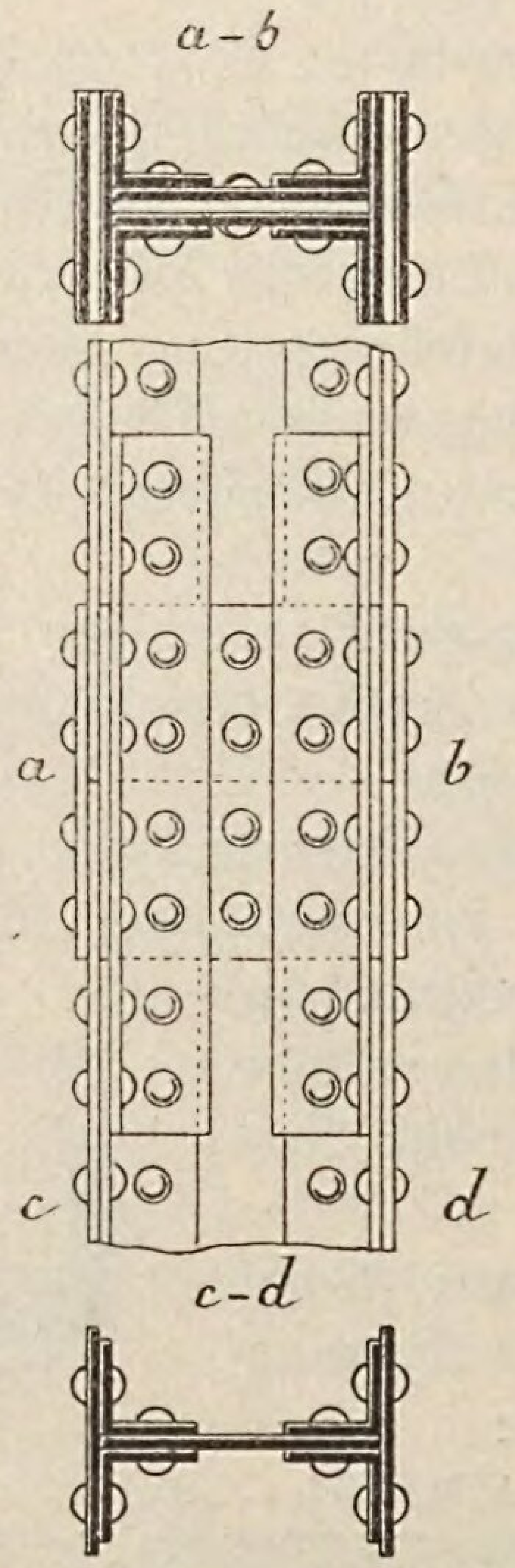
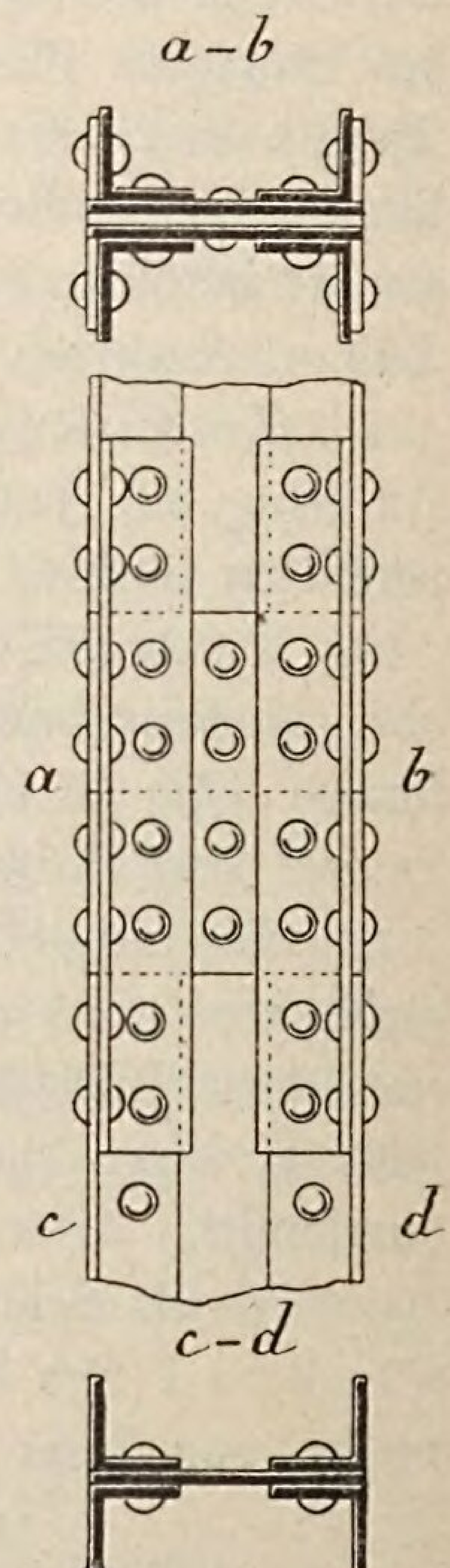


Fig. 73.



Beispiele von Universalstößen der gebräuchlichsten Stützenquerschnitte zeigen die Fig. 70 bis 73.

Bei dem Kreuzquerschnitt (Fig. 70), bei welchem der Stoß durch Außenlaschen gedeckt ist, sind die 4 Winkeleisen ohne Zwischenraum direkt miteinander vernietet, während bei dem Querschnitt Fig. 71 zwischen den Winkeln ein Schlitz angeordnet ist, dessen Weite gleich der Stärke der beim Stoße aufzulegenden Innenlaschen genommen wird. Der letztere Querschnitt ist für den Stoß bequemer, außerdem auch geeigneter zum Anschluß andrer Eisenteile.

Der Zwischenraum zwischen den Winkeln kann später durch schmale Leisten von Hartholz ausgefüllt werden.

Bei Fig. 72 ist zu bemerken, daß das mittlere Stehblech zu beiden Seiten für die inneren Laschen der Kopfplatten ausgeklinkt werden muß. Die Winkeleisen sind bis an die Laschen des Stehbleches und der Kopfplatten geführt und werden verbunden durch Deckwinkel, welche die Flachlaschen zu jeder Seite so weit überragen müssen, daß die für die gestoßenen Winkeleisen erforderlichen Anschlußniete untergebracht werden können.

Die Stoßanordnung in Fig. 73 ist ähnlich wie die vorige, aber wegen der fehlenden Kopfplatten einfacher.

Gegen Zerknicken sehr widerstandsfähige Querschnitte zeigen die Fig. 74

Fig. 74.

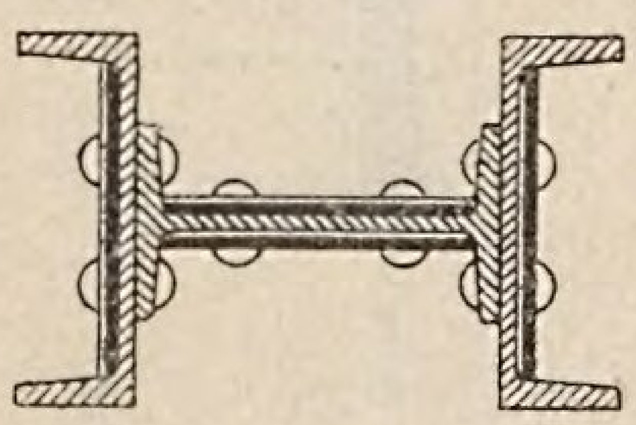


Fig. 75.

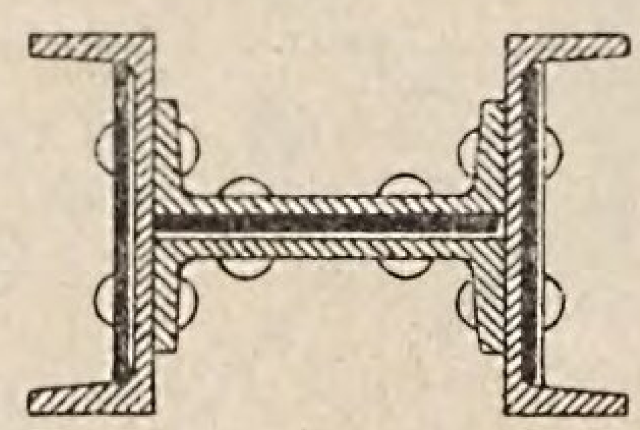
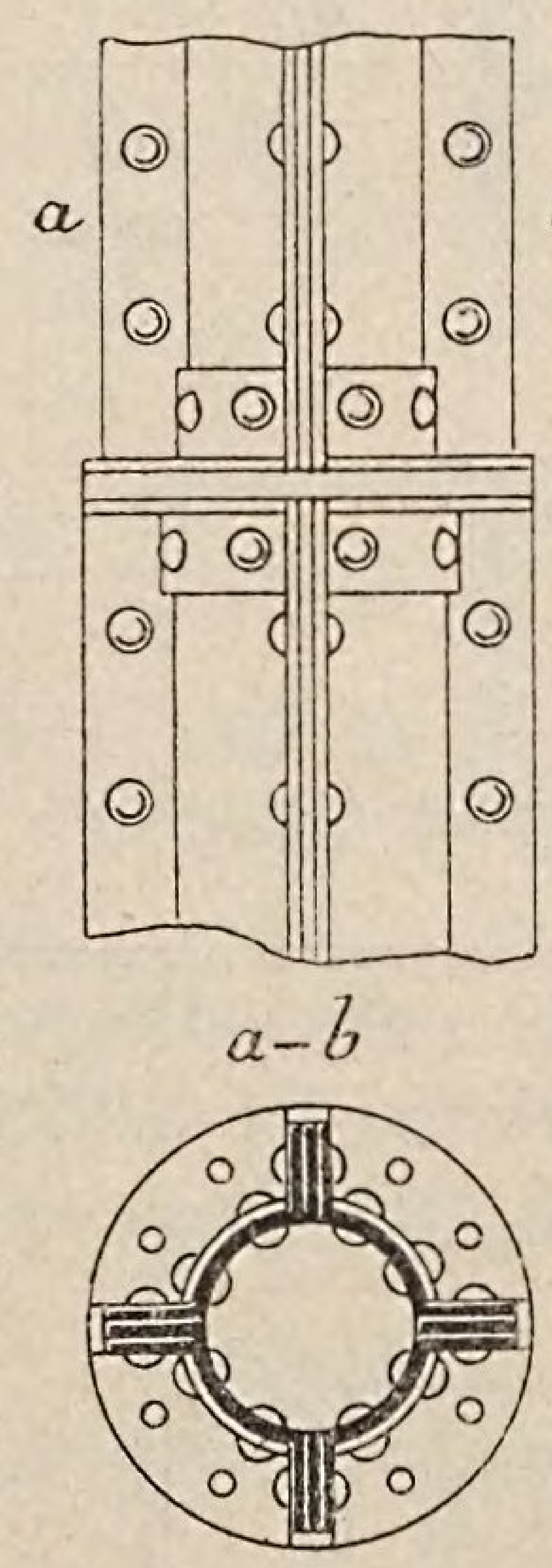


Fig. 76.



und 75, in denen die Laschen schwarz, die gestoßenen Teile schraffiert angegeben sind.

Der Querschnitt Fig. 74 ist für Verlängerung nicht gerade geeignet, da die Flantschbreiten der I-Eisen nur gering sind. Die Niete, welche beim Stoße zur Verbindung des I-Eisens mit den beiden ⊏-Eisen dienen, finden wegen der Steglaschen des I-Eisens kaum Platz. Vorteilhafter ist deshalb, wenn Verlängerung notwendig ist, der Querschnitt Fig. 75, bei welchem, statt des I-Eisens in Fig. 74, zwei ⊏-Eisen verwendet sind.

Bei den aus 4 Quadranteisen hergestellten Säulen geschieht die Verbindung der einzelnen Schüsse mit Hilfe von aufgenieteten Winkeleisenflantschen durch Verschraubung (Fig. 76). Ist der Durchmesser des unteren Säulenschusses größer als der des oberen, so muß eine genügend starke Eisenplatte zwischen die Flantschwinkel gelegt werden.

§ 18.

Eck (L)-Verbindungen.

Kürzere Flacheisen können zur Bildung einer Ecke hochkantig in warmem Flacheisen.
Zustande einfach gebogen werden (Fig. 77). Bei längeren Flacheisen wird das eine derselben im Winkel umgeschmiedet und mit dem zweiten vernietet (Fig. 78), oder aber man verbindet beide Eisen mit Hilfe einer Winkellasche (Fig. 79).

Bei Eckverbindungen von Flacheisen in einer Ebene wird das eine über das andre weggekröpft (Fig. 80), oder die beiden Eisen sind auf Gehrung zu-

sammengearbeitet und werden mit Hilfe einer Blechecke miteinander verbunden (Fig. 81). Die Blechecke ist übrigens auch bei Fig. 80 vorteilhaft zur Vergrößerung der Steifigkeit.

Die Eckverbindung eines hochkantigen mit einem liegenden Flacheisen zeigt Fig. 82.

Fig. 77.

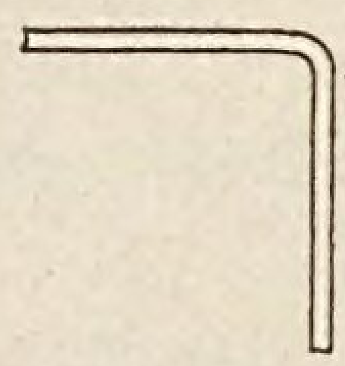


Fig. 78.

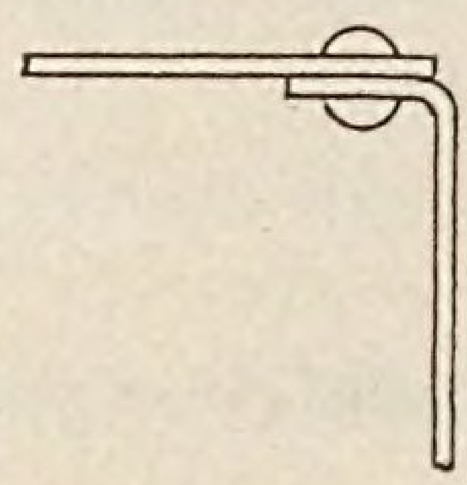


Fig. 79.

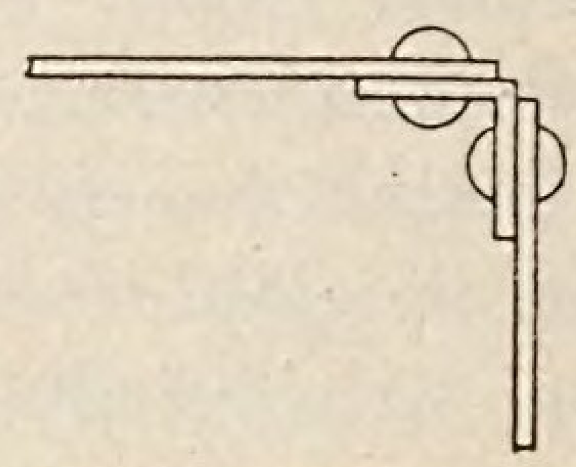


Fig. 80.

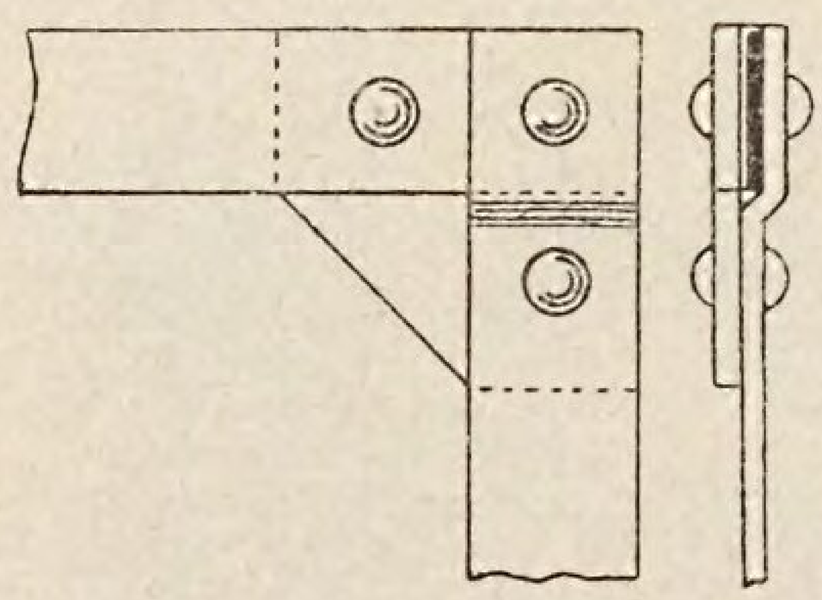


Fig. 81.

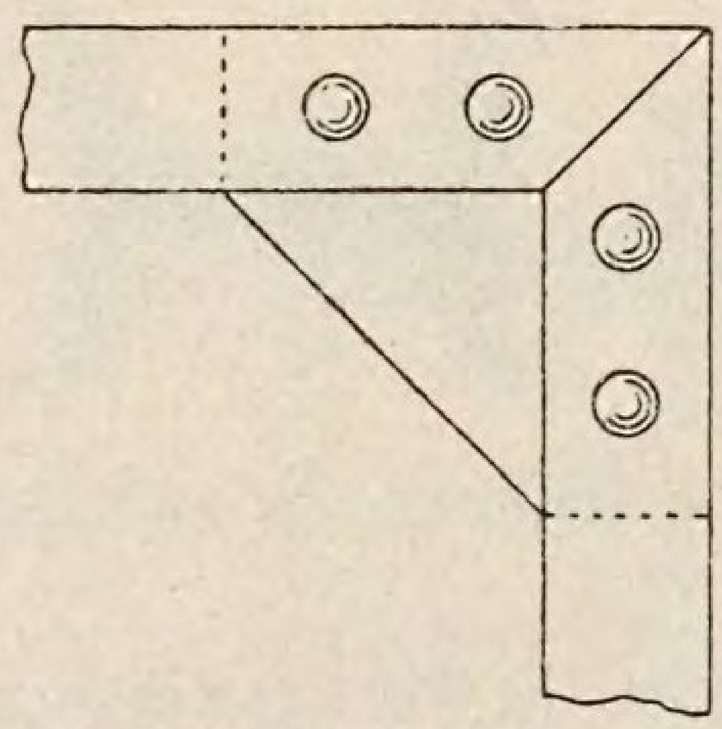


Fig. 82.

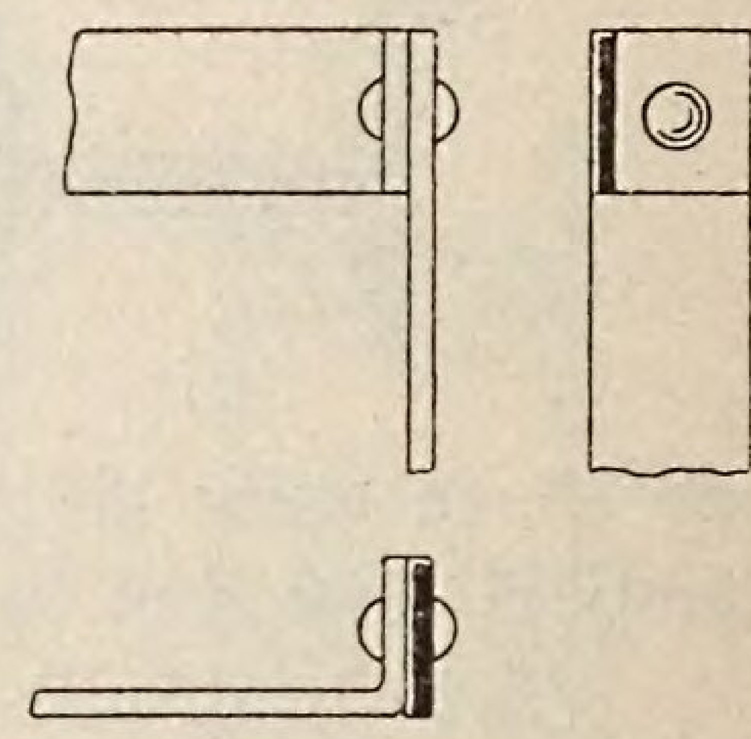


Fig. 83.

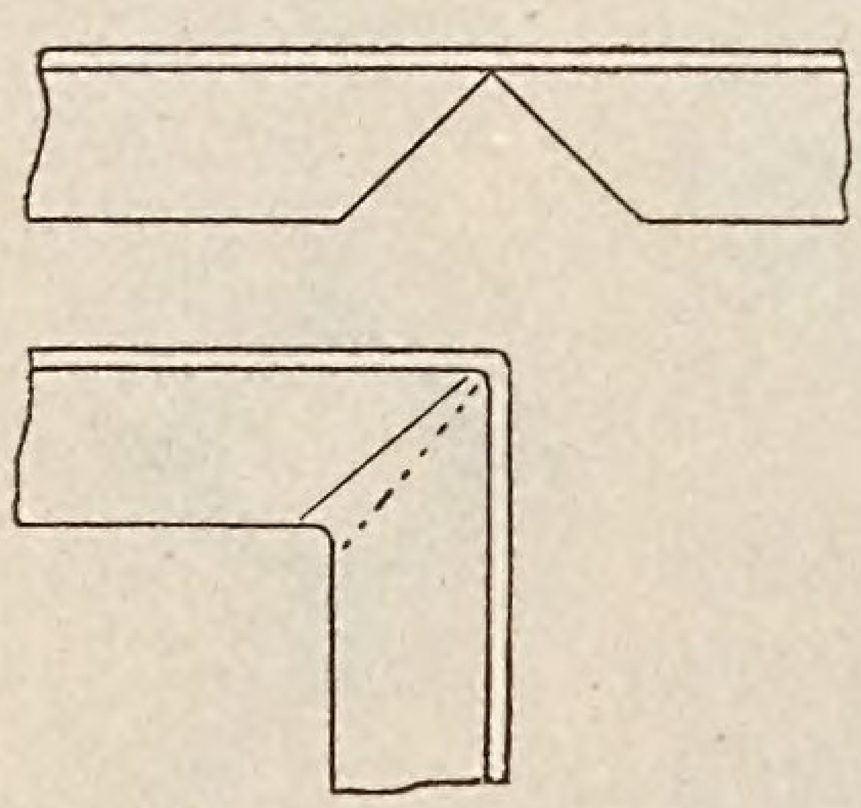


Fig. 84.

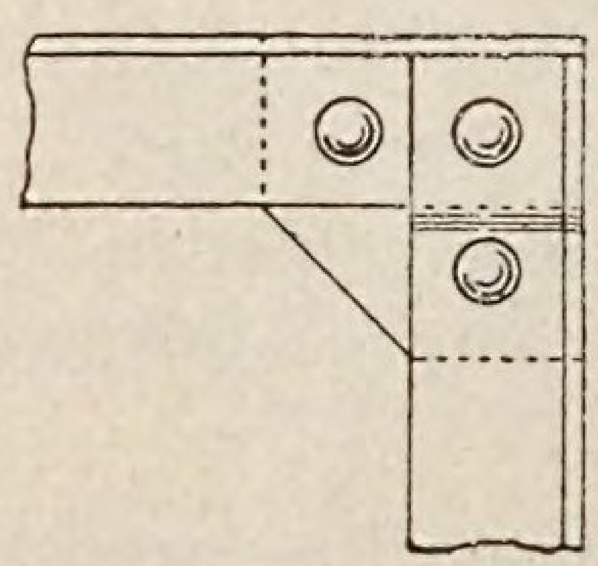


Fig. 85.

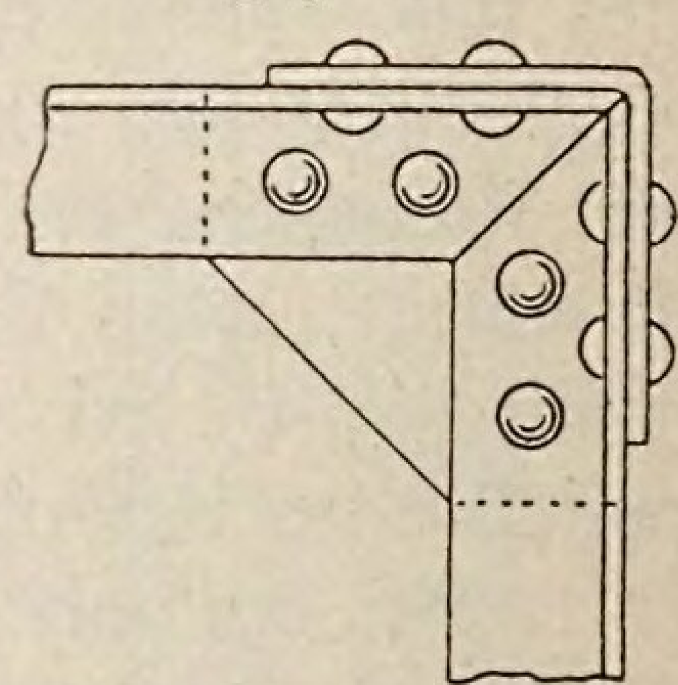


Fig. 86.

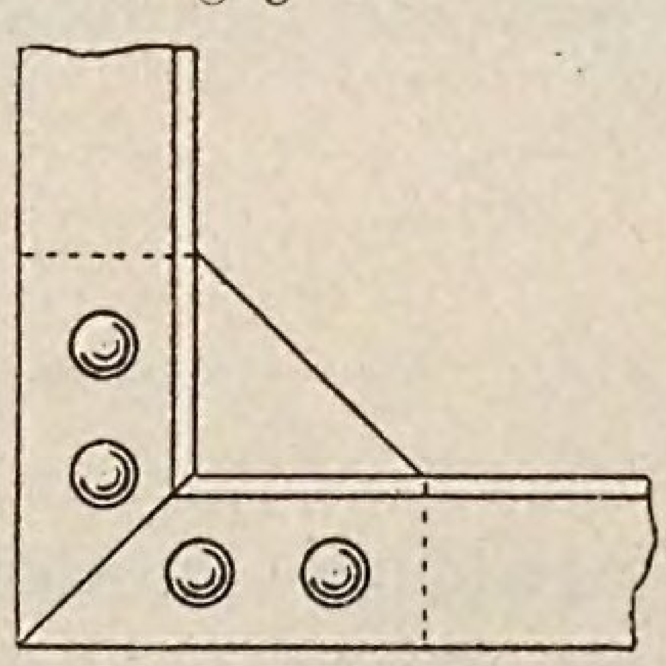


Fig. 87.

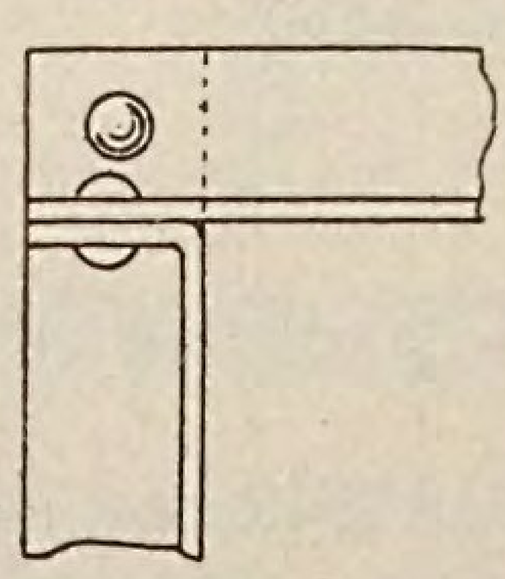
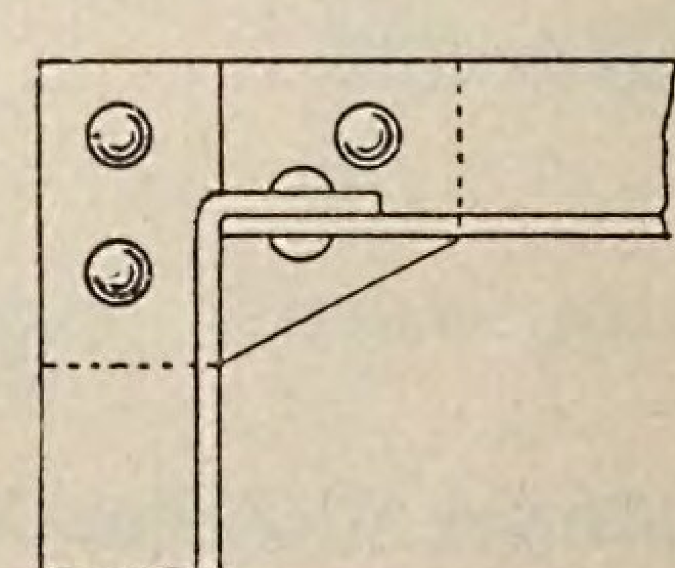


Fig. 88.



Winkeleisen.

Bei Winkeleisen läßt sich die Ecke herstellen, indem man aus dem einen Schenkel ein Dreieck ausschneidet, den andern Schenkel umbiegt und die zugeschärften, etwas übereinander geschobenen Enden des aufgeschnittenen Schenkels zusammenschweißt (Fig. 83).

Die Winkeleisenecken Fig. 84 und 85 sind analog den Flacheisenverbindungen Fig. 80 und 81 ausgeführt. Andre Eckverbindungen von Winkeleisen, bei denen der aufrechte Schenkel innen liegt, zeigen die Fig. 86 bis 88. In den beiden letzten Figuren ist ein Winkel in der Ecke aufgeschnitten, der vertikale Schenkel desselben umgebogen und mit dem vertikalen Schenkel des andern Winkels vernietet.

I- und ⊏-Eisen.

Die I-Eisen werden zur Eckbildung unter 45° abgeschnitten und, da die

Fig. 89.

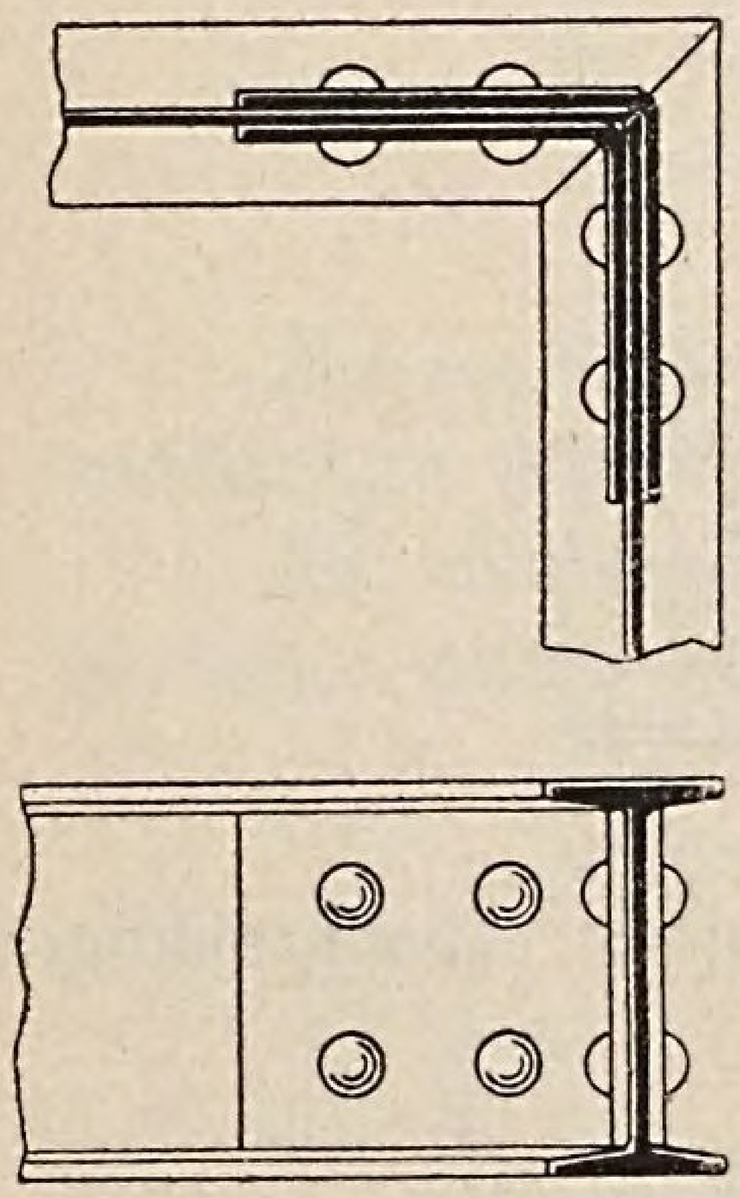


Fig. 90.

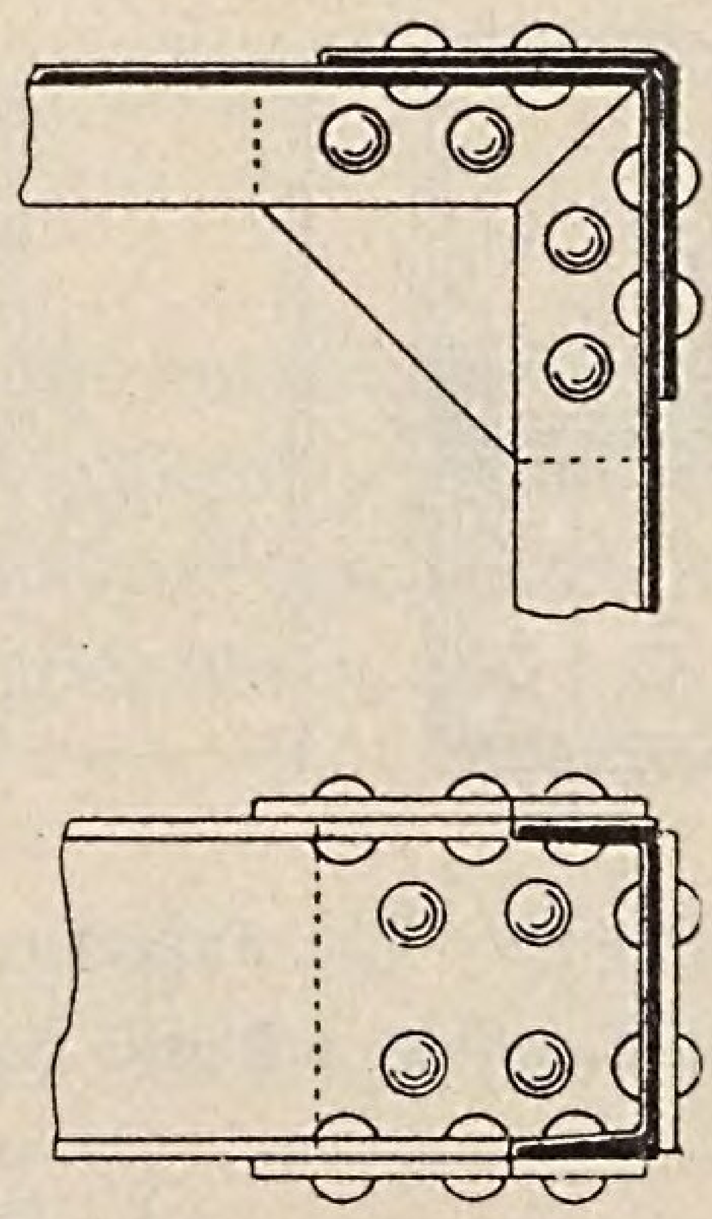
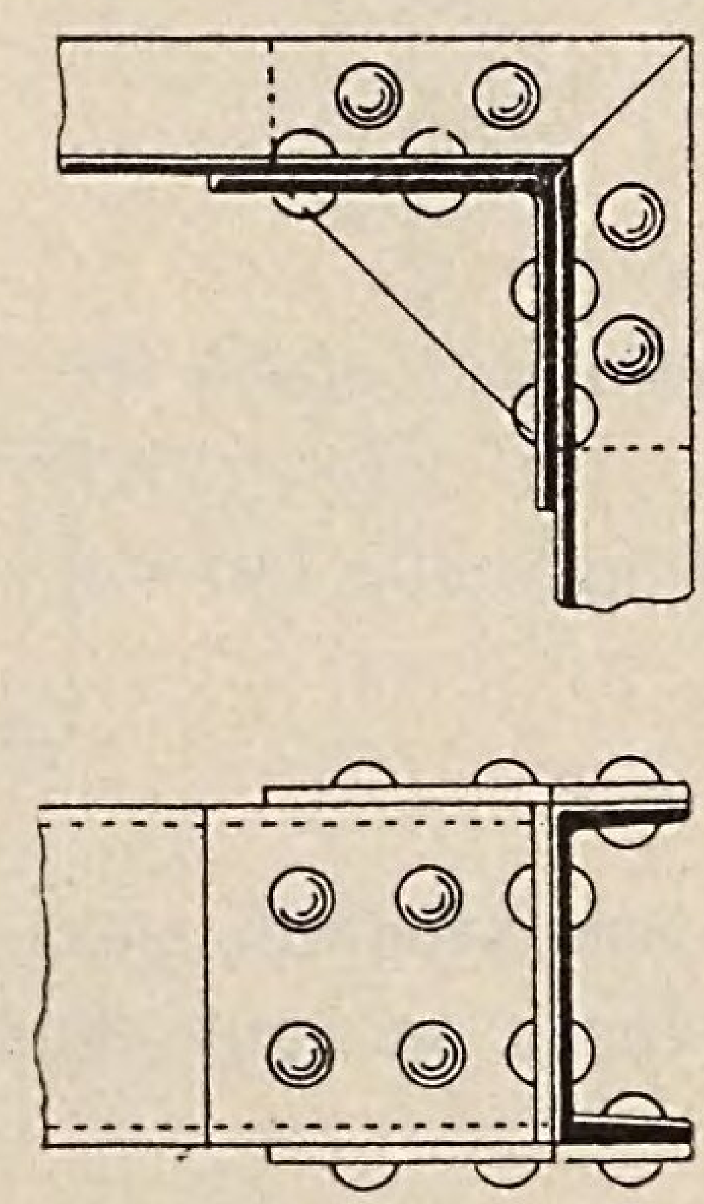
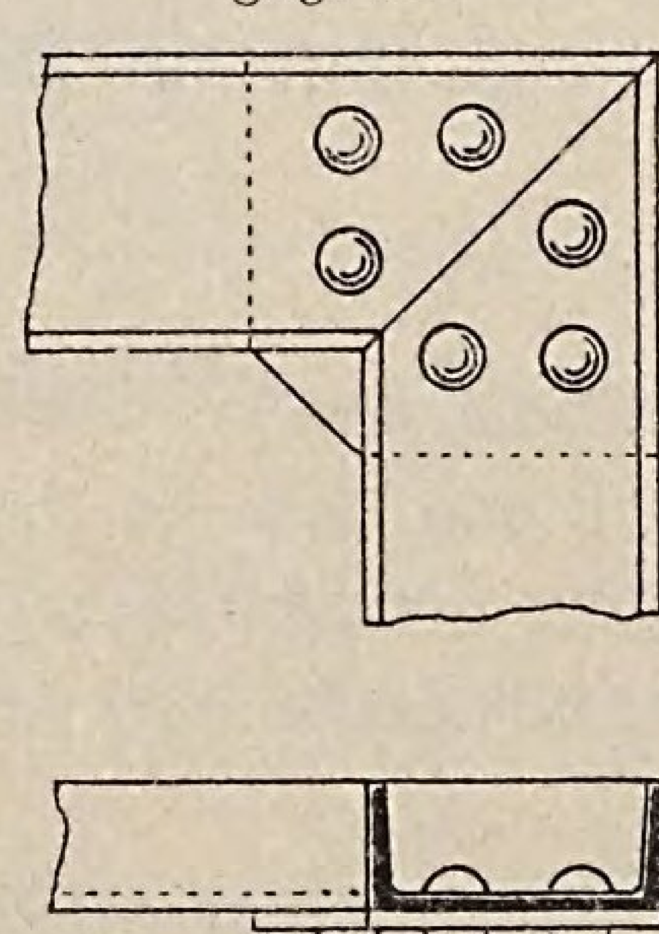


Fig. 91.



Flantschen zur Vernietung meist zu schmal sind, nur durch Steglaschen miteinander verbunden (Fig. 89). Häufig wird sogar, mit Rücksicht auf das Aussehen, entweder nur eine innere oder nur eine äußere Lasche angeordnet. Die Länge der Laschen ist abhängig von der Anzahl der zur Uebertragung der Vertikalkräfte erforderlichen Anschlußniete. Meistens wird man mit einer Reihe Niete auskommen, es können aber unter Umständen auch 2 Nietreihen erforderlich werden.

Fig. 92.



Die Eckverbindungen aufrechter ⊏-Eisen (Fig. 90 und 91) sind ähnlich, wie die der I-Eisen, doch werden dabei meist auch die Flantsche durch ein Eckblech miteinander verbunden, wenn die Ecke freitragend ist. Bei direkt unterstützten Ecken sind die Eckbleche entbehrlich.

Flach liegende ⊏-Eisen werden durch eine außen oder innen aufgelegte Steglasche verbunden (Fig. 92). Die Innenlasche ist natürlich auszuklinken.

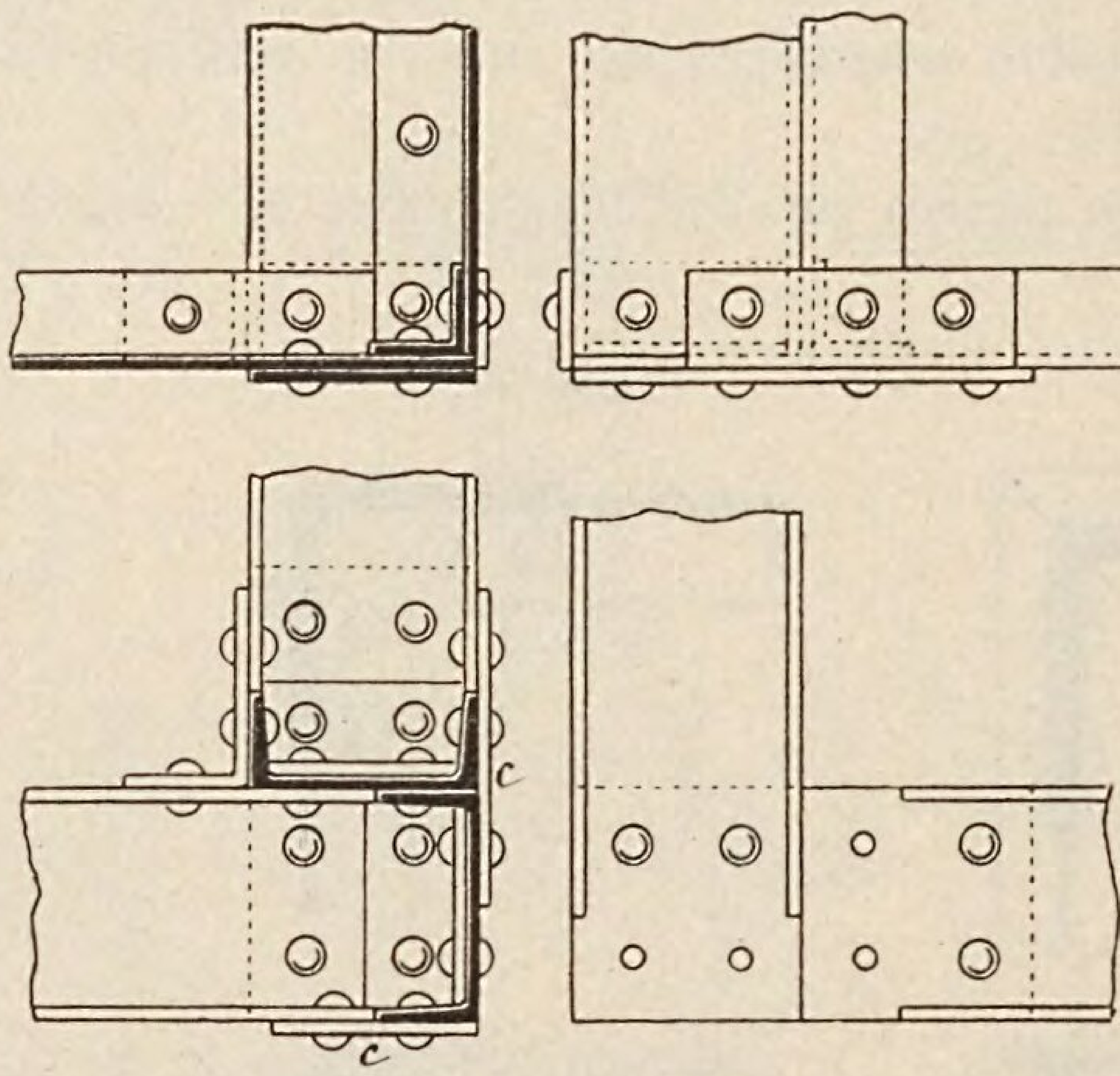
Körperliche Ecke.

Außer den genannten, in einer Ebene liegenden Eckverbindungen sind noch die bei dem eisernen Fachwerksbau häufig vorkommenden körperlichen Ecken zu erwähnen, von denen Fig. 93 ein Beispiel gibt.

An den die untere Schwelle bildenden ⊏-Eisen, die durch eine außen

aufgelegte Steglasche zusammengehalten werden, sind die Flantschen weggeschlagen auf eine Länge gleich der Flantschbreite der Vertikal-⊏-Eisen. (Letztere sind in

Fig. 93.



dem Grundriß rechts fortgelassen.) Die äußeren Flachlaschen c beeinträchtigen etwas das gute Aussehen und fehlen deshalb häufig.

§ 19.

End(⊥)-Verbindungen.

Flacheisen. Bei hochkantigen Flacheisen wird das endigende Flacheisen im Winkel gebogen und mit dem durchlaufenden vernietet (Fig. 94), oder der Anschluß erfolgt durch eine oder zwei Winkellaschen (Fig. 95).

Fig. 94.

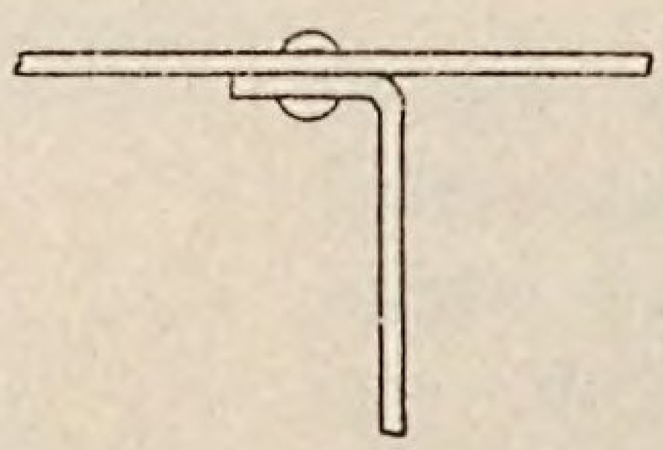


Fig. 95.

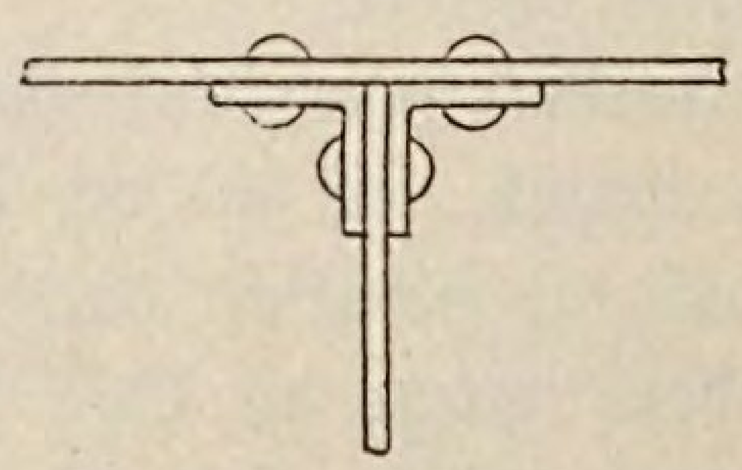


Fig. 96.

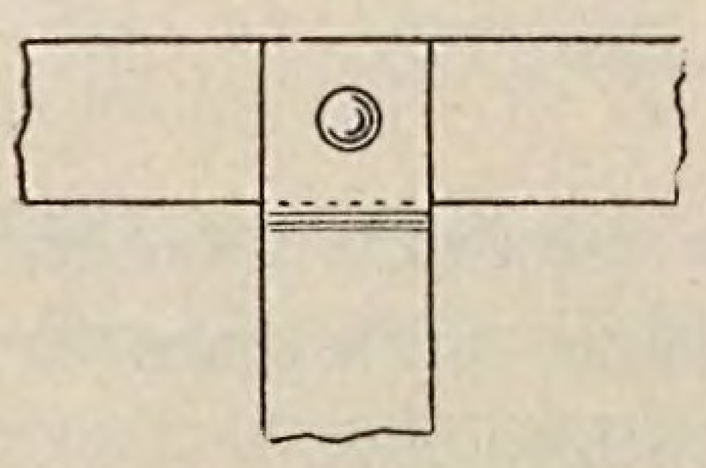


Fig. 97.

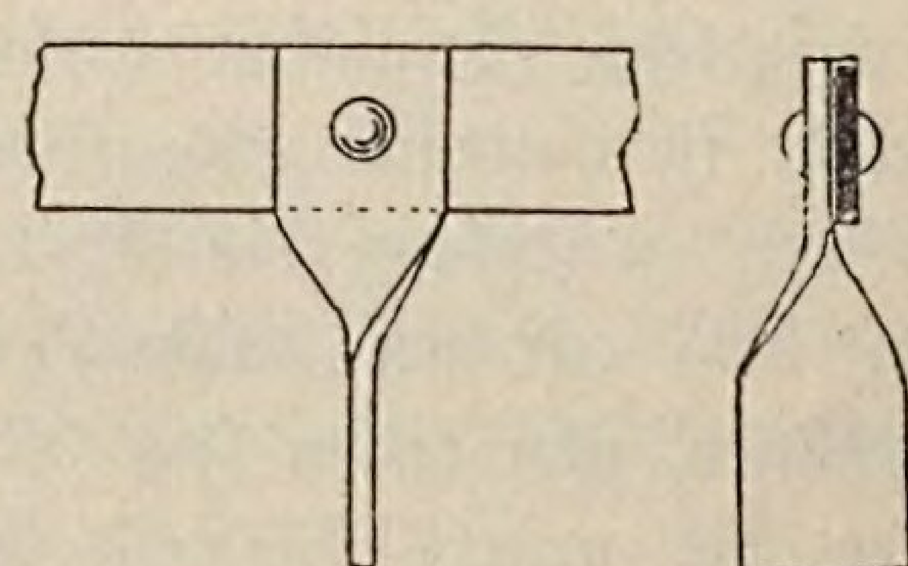


Fig. 96 zeigt die Endverbindung von Flacheisen in einer Ebene. Das endigende Eisen ist gekröpft und mit dem durchlaufenden durch Nietung verbunden. Die Kröpfung kann unterbleiben, wenn es nicht durchaus erforderlich ist, daß die Flacheisen in einer Ebene liegen.

Fig. 98.

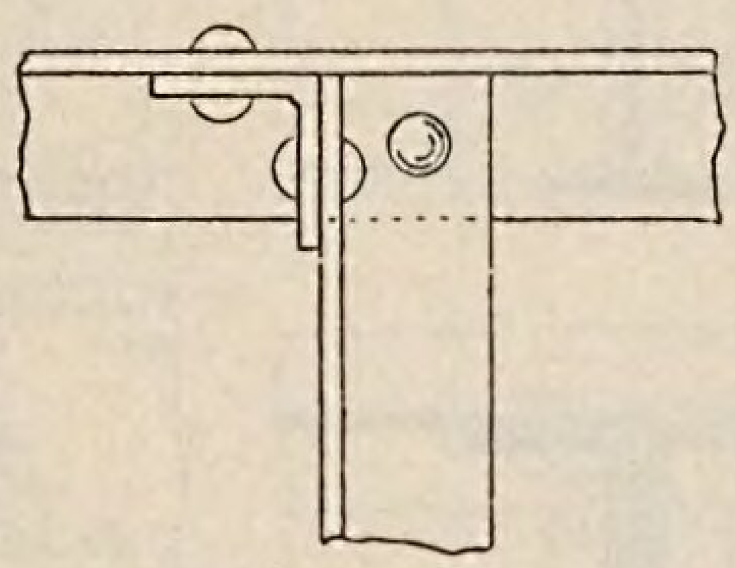
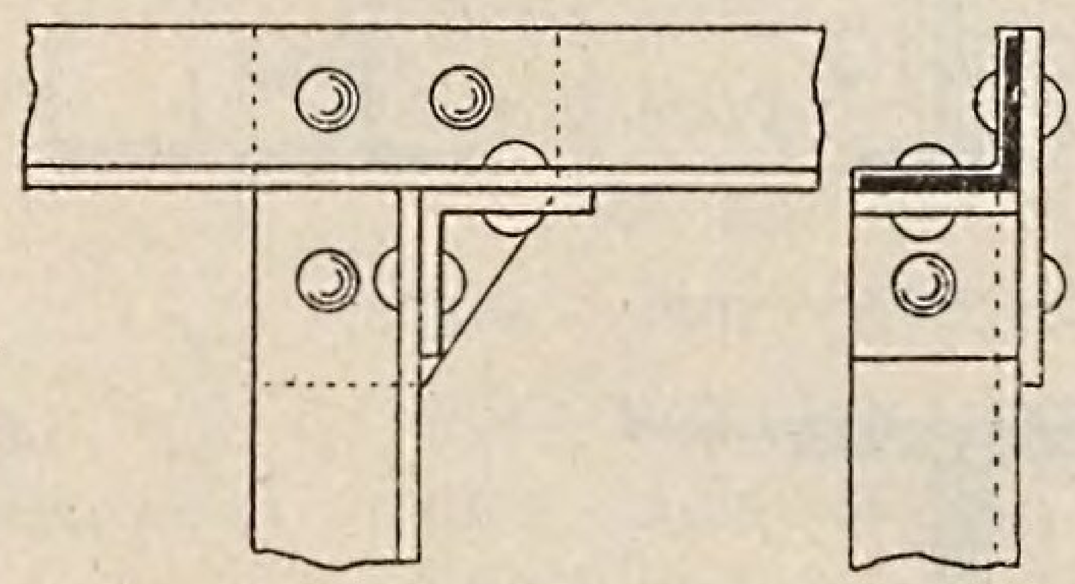


Fig. 99.



Bei der Verbindung eines durchlaufenden liegenden mit einem endigenden hochkantigen Flacheisen wird letzteres am Ende um 90° gedreht (Fig. 97).

Die Winkeleisenverbindungen sind nach den Fig. 98 bis 100 auszuführen, Winkeleisen.
die keiner weiteren Erklärung bedürfen.

Fig. 100.

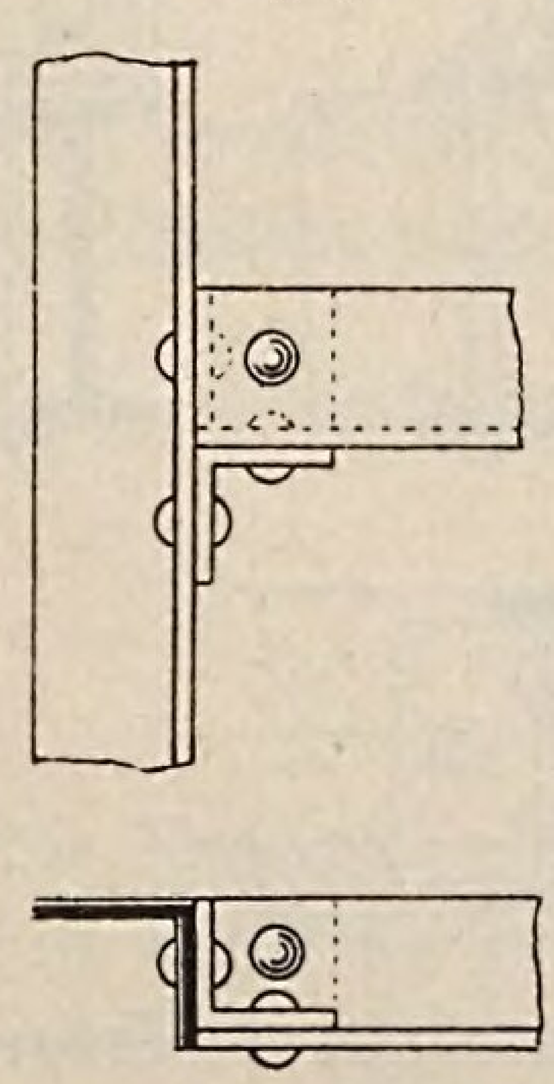
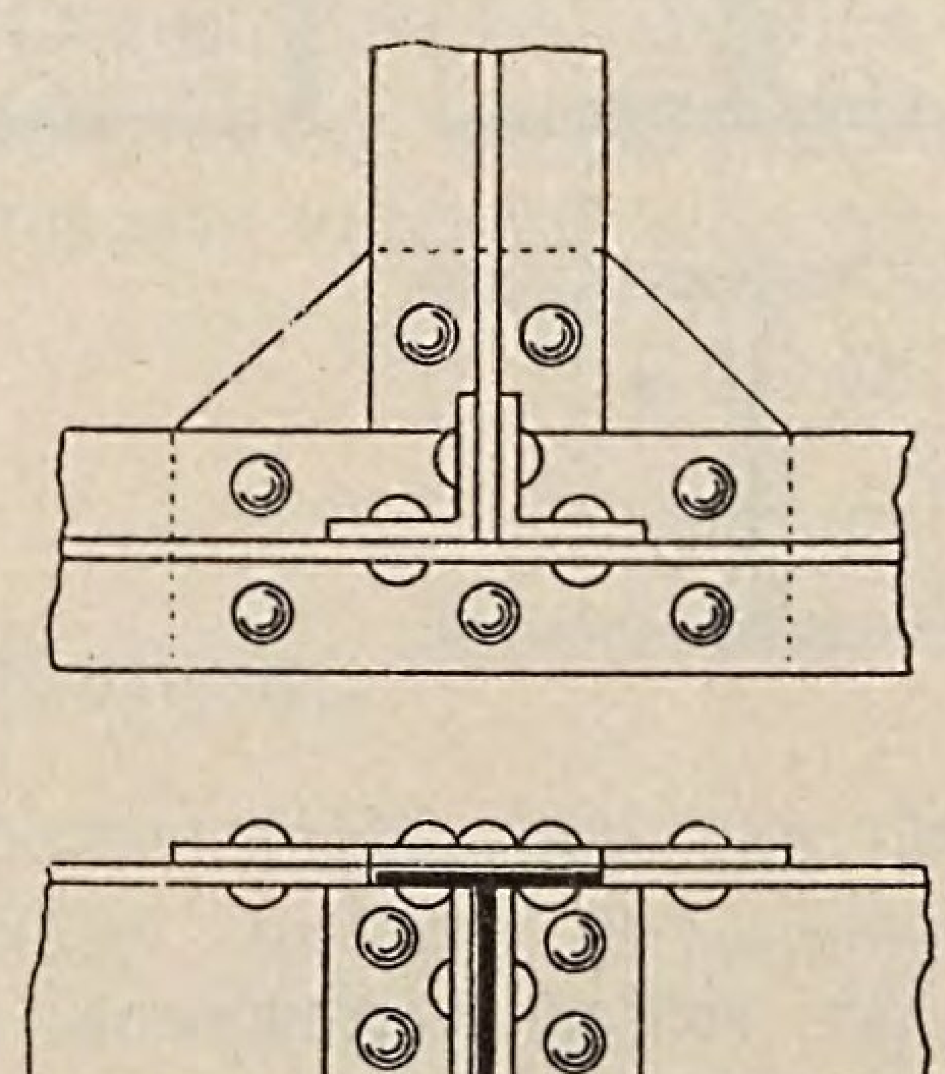


Fig. 101.



Endverbindungen von ⊥-Eisen sind selten auszuführen. Vorkommenden ⊥-Eisen.
Falles schneide man den Flantsch des endigenden ⊥-Eisens so weit wie nötig ab und verbinde den Steg desselben mit dem Stege des durchlaufenden Eisens durch Winkellaschen. Die Flantschen werden außerdem mit Hilfe eines Knotenbleches miteinander verbunden (Fig. 101).

Die Verbindung Fig. 102 ist ohne weiteres mit Hilfe von Winkellaschen I- und ⊏-Eisen.
auszuführen, während bei den Verbindungen Fig. 103 und 104, wenn die zu vereinigenden Eisen gleiche Höhe haben, die Flantschen des endigenden Eisens so weit wegzuschlagen sind, daß der Steg desselben bis an den Steg des durchlaufenden Eisens herangeführt werden kann.

Fig. 105 zeigt die Verbindung einer aus einem I-Eisen gebildeten vertikalen Stütze mit zwei nebeneinander liegenden horizontalen I-Eisen. Da

Nietung hier nicht gut auszuführen ist, so werden die am Fuße der Stütze befestigten Winkelstücke durch Verschraubung mit den horizontalen I-Eisen verbunden.

Fig. 102.

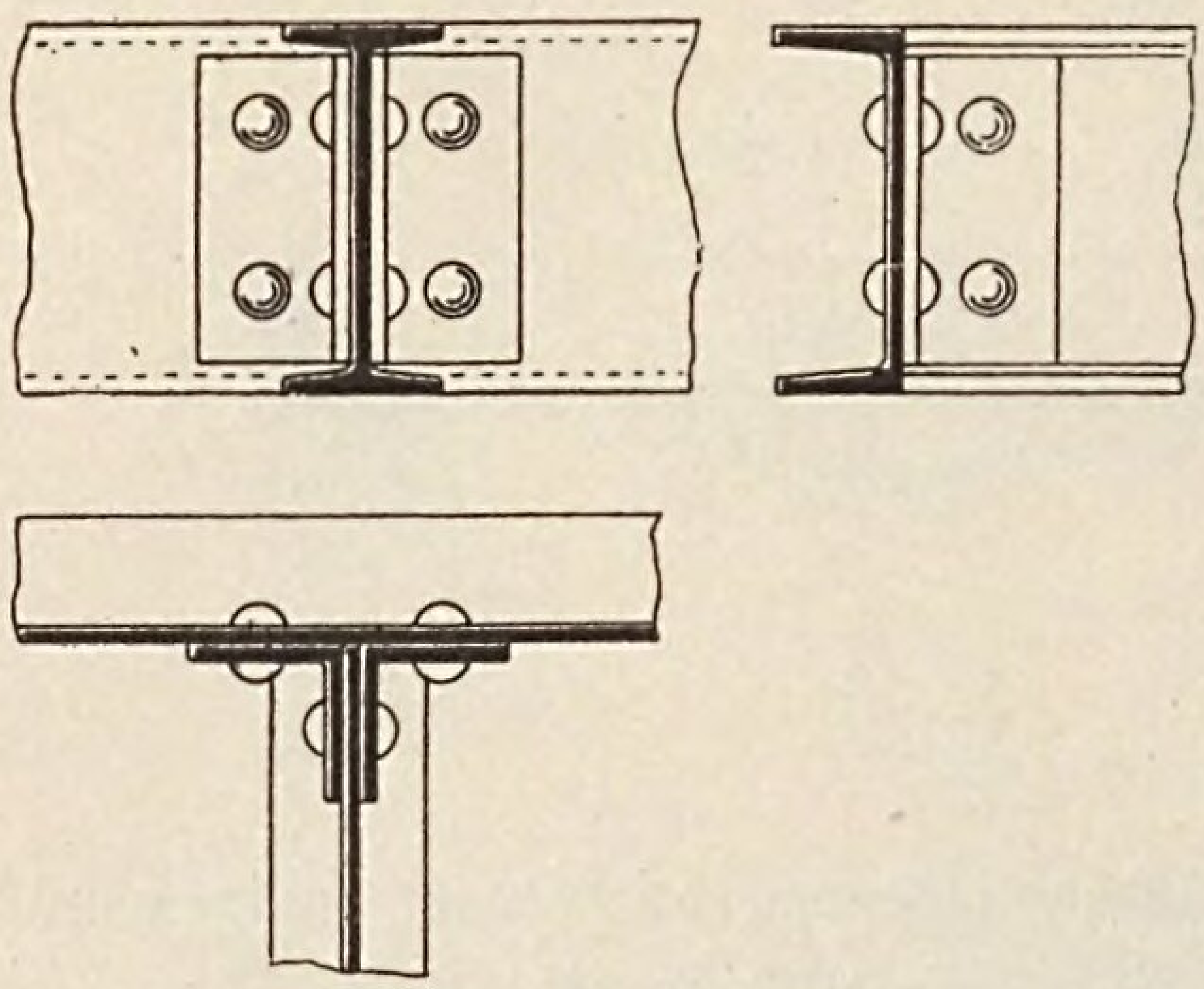


Fig. 103.

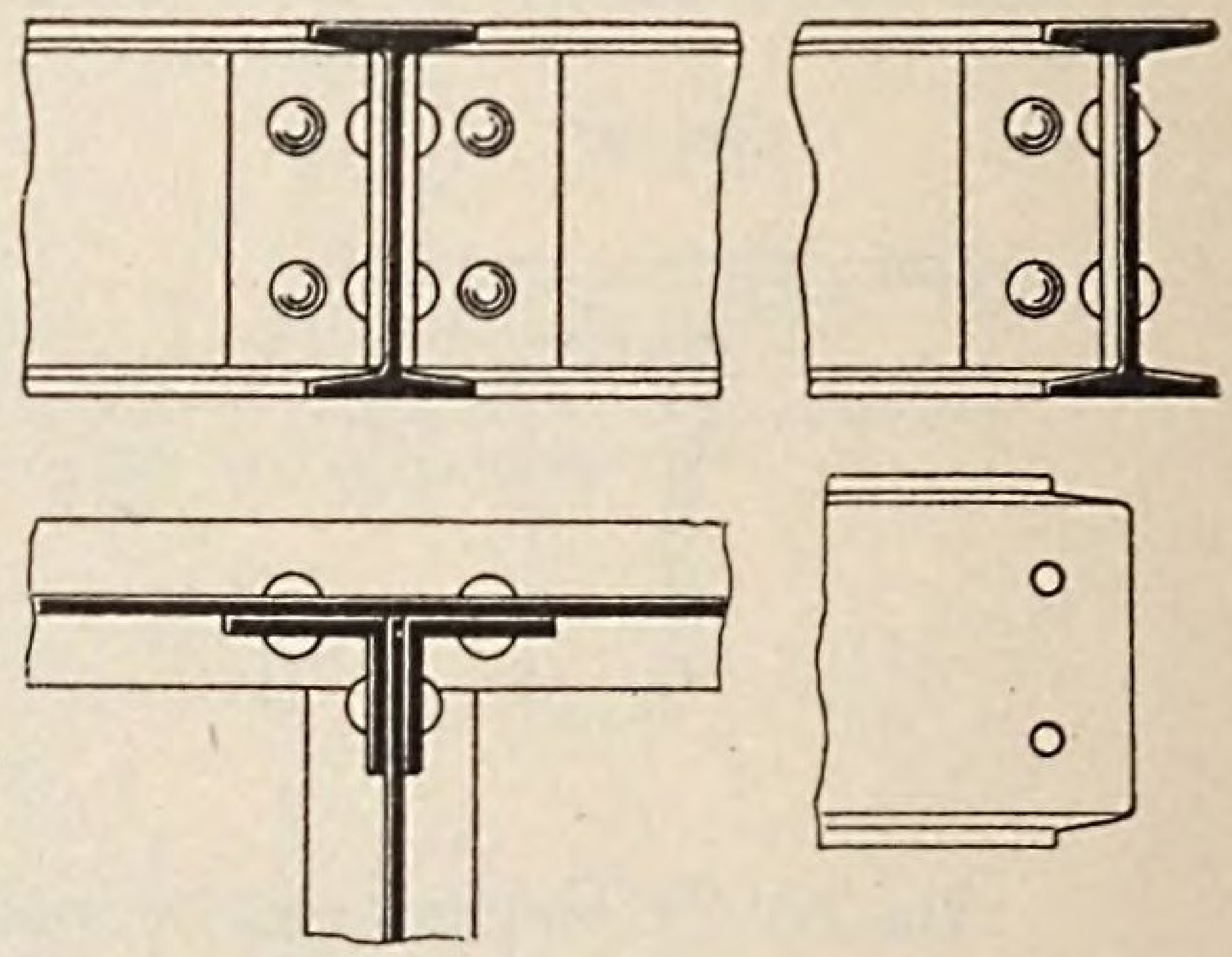


Fig. 104.

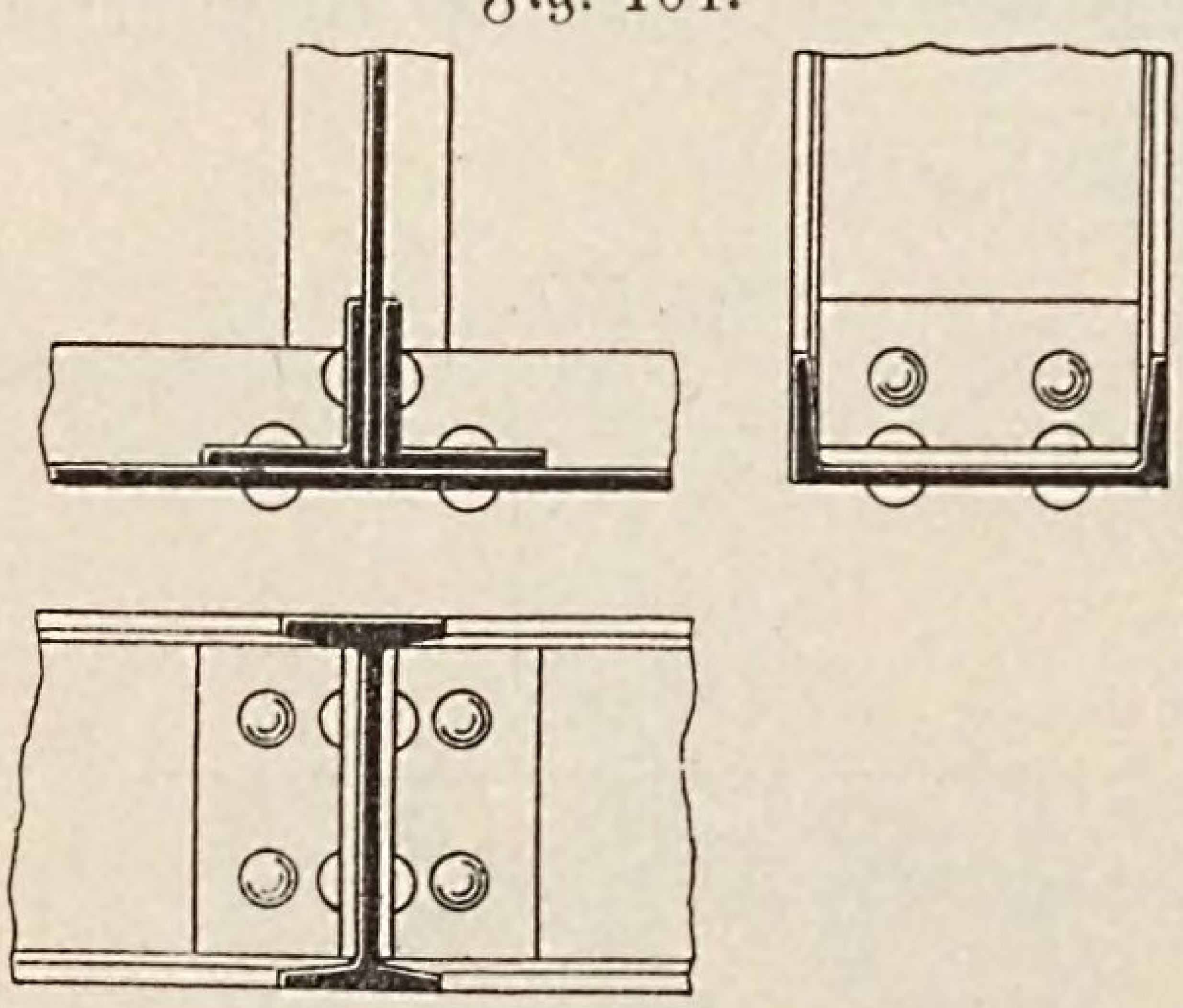
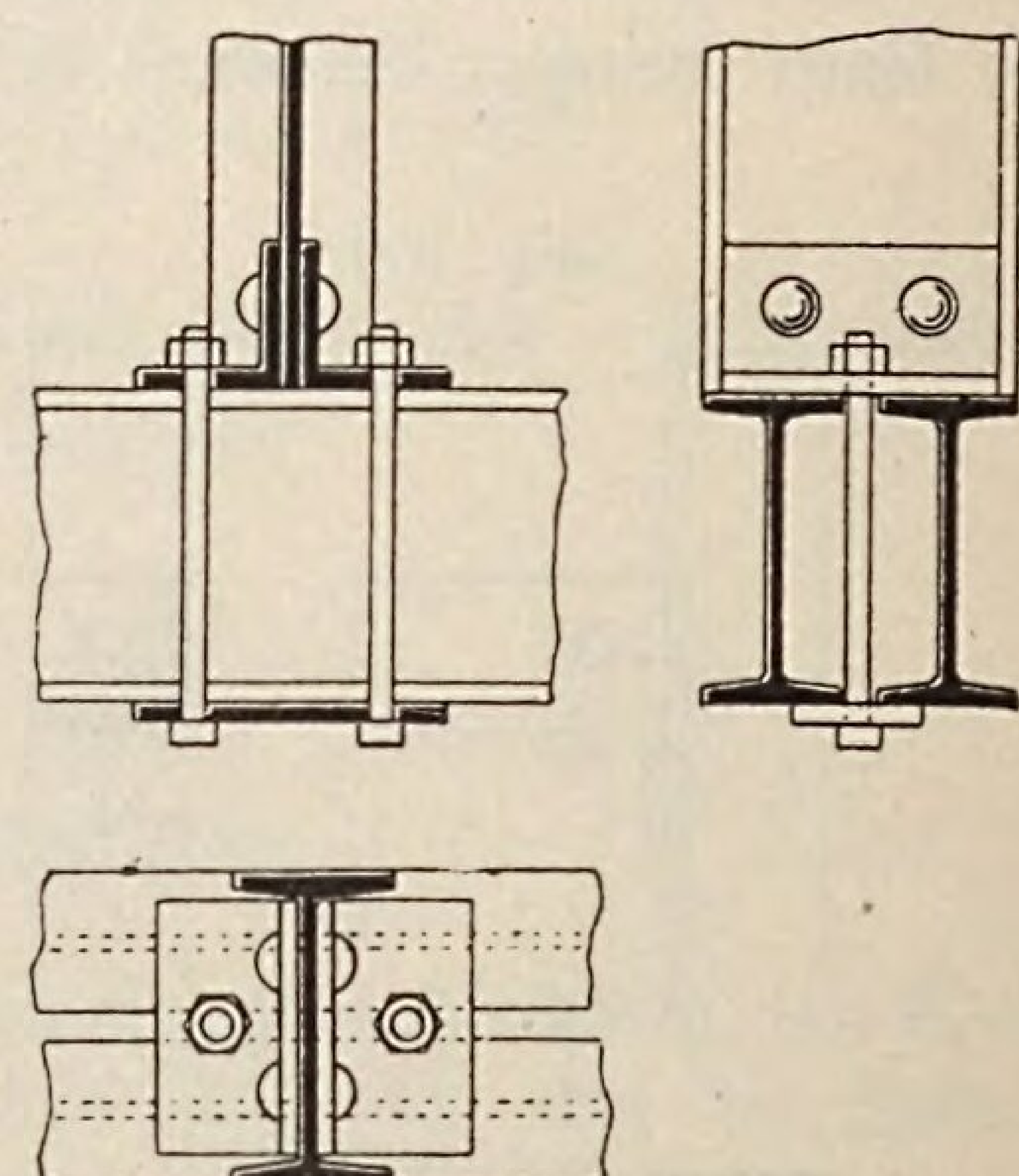


Fig. 105.



Der vielfach vorkommende Fall der Verbindung eines I-Trägers mit zwei dicht nebeneinander angeordneten I-Eisen ist in Fig. 106 skizziert. Die Verbindungswinkel werden zunächst an das eine der durchlaufenden I-Eisen angenietet, der endigende meist niedrigere I-Träger zwischen die vorstehenden Schenkel der Winkel eingeschoben und mit diesen vernietet oder (häufiger) verschraubt.

Fig. 106.

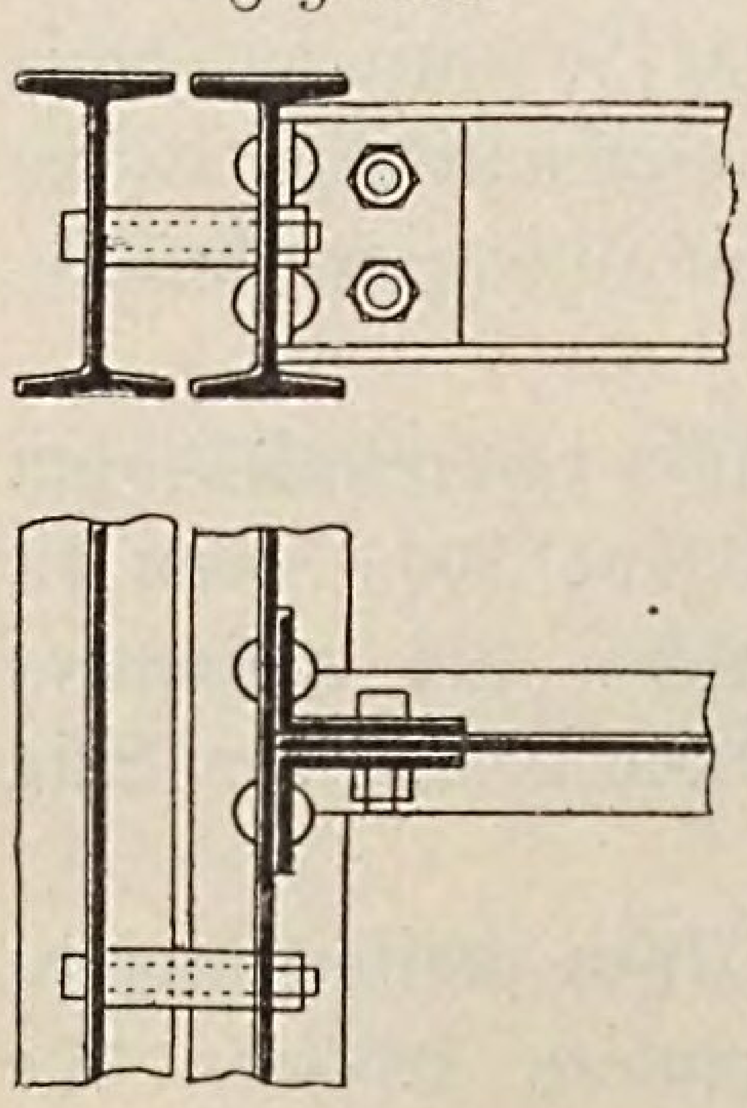
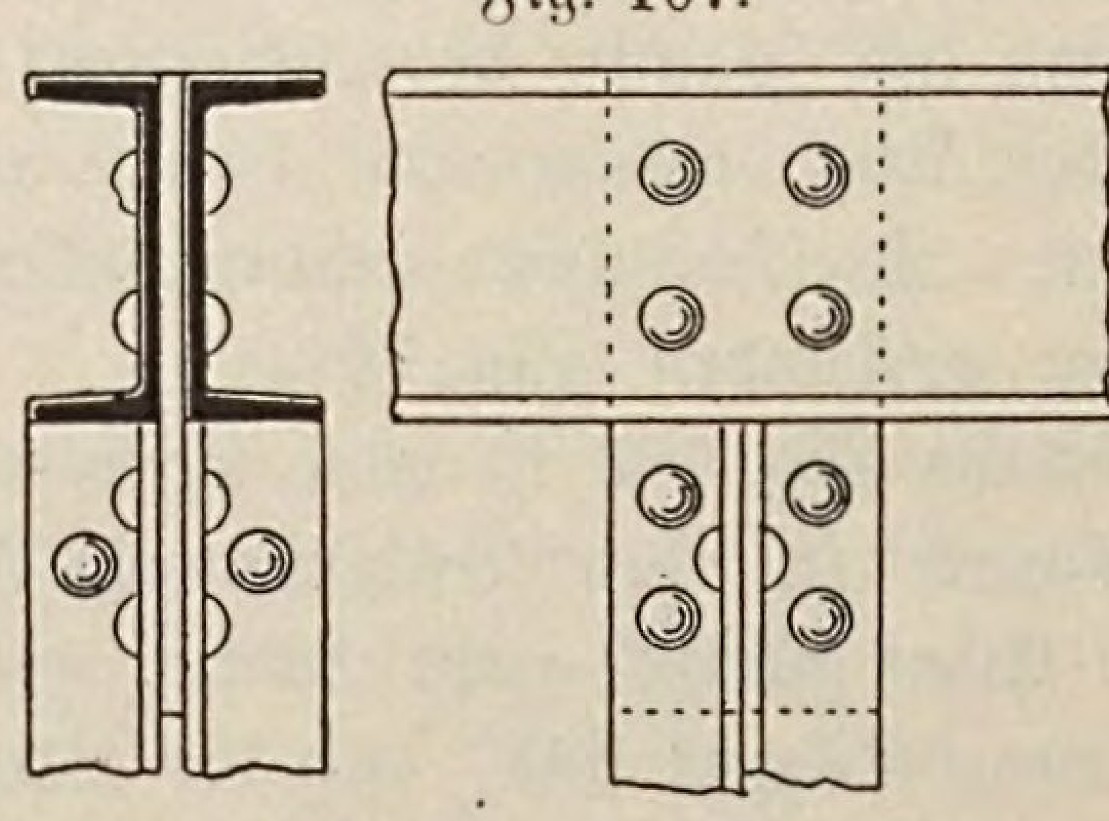
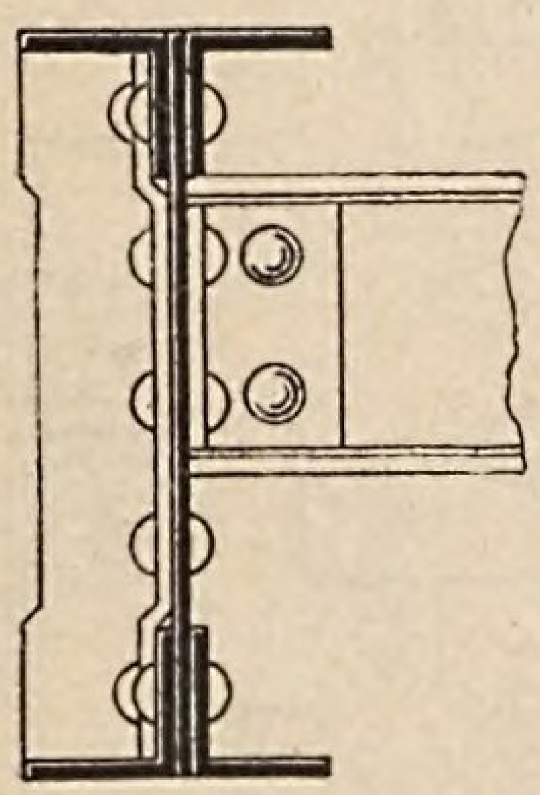


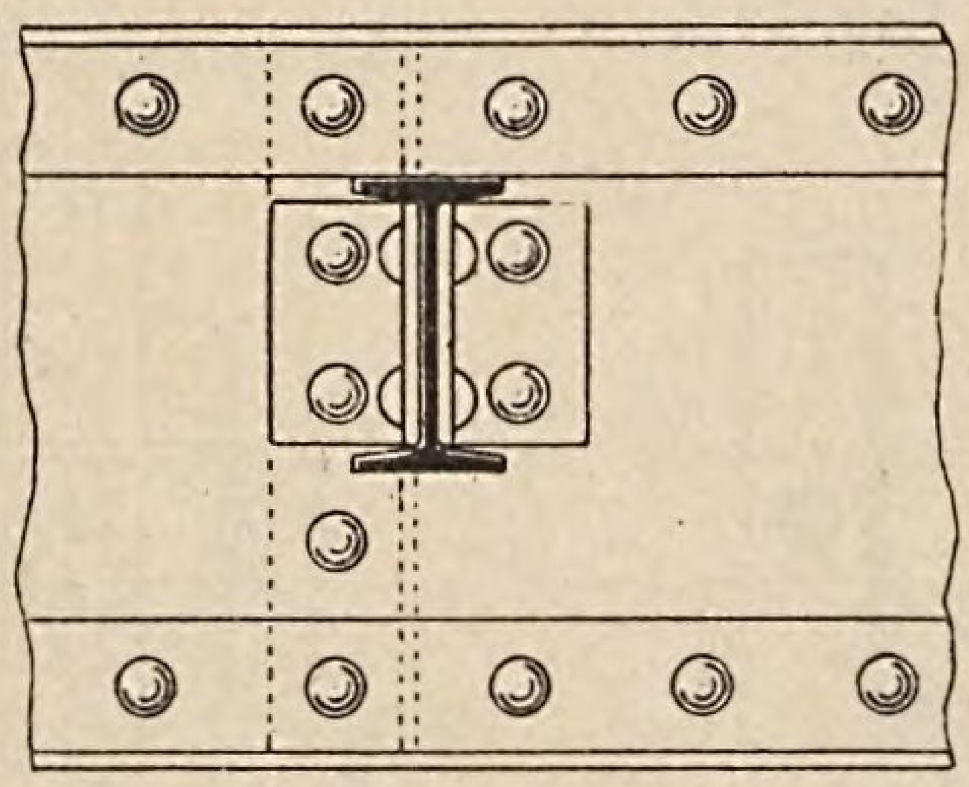
Fig. 107.

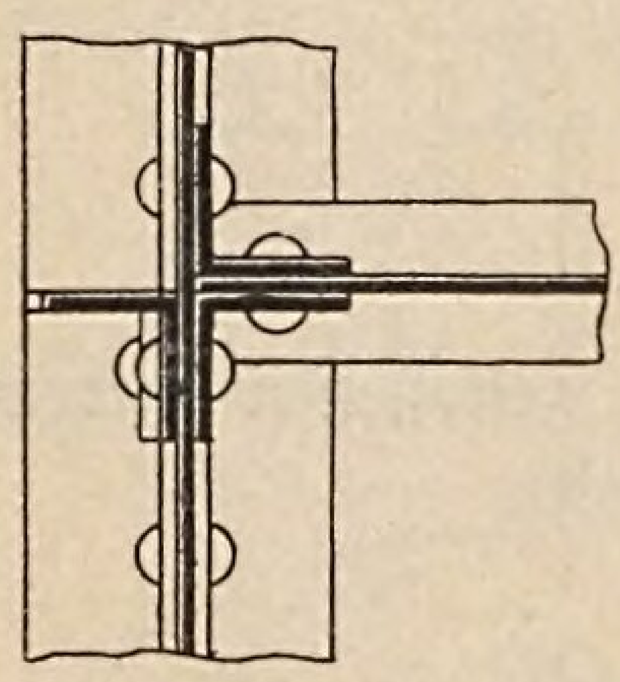


Die Verbindung von zwei nebeneinander liegenden ⊏-Eisen mit vier einen Kreuzquerschnitt bildenden Winkeleisen geschieht mit Hilfe eines eingeschobenen Knotenbleches (Fig. 107). In derselben Weise wird die Verbindung herzustellen sein, wenn zwei ⊏-Eisen an Stelle der vier Winkeleisen treten.

Fig. 108.







Bei dem mit Anwendung von Winkellaschen auszuführenden Anschluß eines I-Eisens an einen höheren genieteten Träger (Fig. 108), wird letzterer an der Anschlußstelle durch ein hinten aufgelegtes Winkeleisen (oder auch ⊥-Eisen) vertikal versteift, um die Trägerwand gegen Zerknicken zu sichern. Der Anschluß gestaltet sich am einfachsten, wenn die Oberkante des I-Eisens unter dem Gurtwinkel des genieteten Trägers liegt, da dann das Ende des I-Eisens sich gegen eine ebene Fläche legt und nicht weiter nach einem Profile ausgearbeitet zu werden braucht. Im übrigen sehe man bei solchen Anschlüssen darauf, daß die Nietentfernungen unter sich möglichst gleich werden.

§ 20.

Kreuz (+)-Verbindungen.

Die Kreuzverbindungen hochkantiger Flacheisen (Fig. 109 und 110) ergeben sich ohne weiteres (durch Verdoppelung) aus den Endverbindungen Fig. 94 und 95 (S. 46). Flacheisen.

Liegende Flacheisen können, wenn es nicht erforderlich ist, daß dieselben in einer Ebene liegen, mit oder ohne Zwischenraum übereinander weggeführt

Fig. 109.

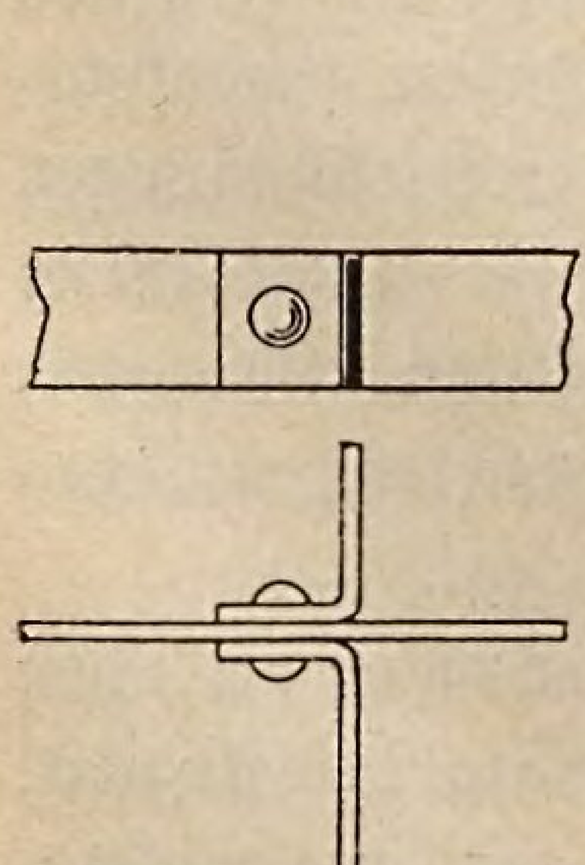


Fig. 110.

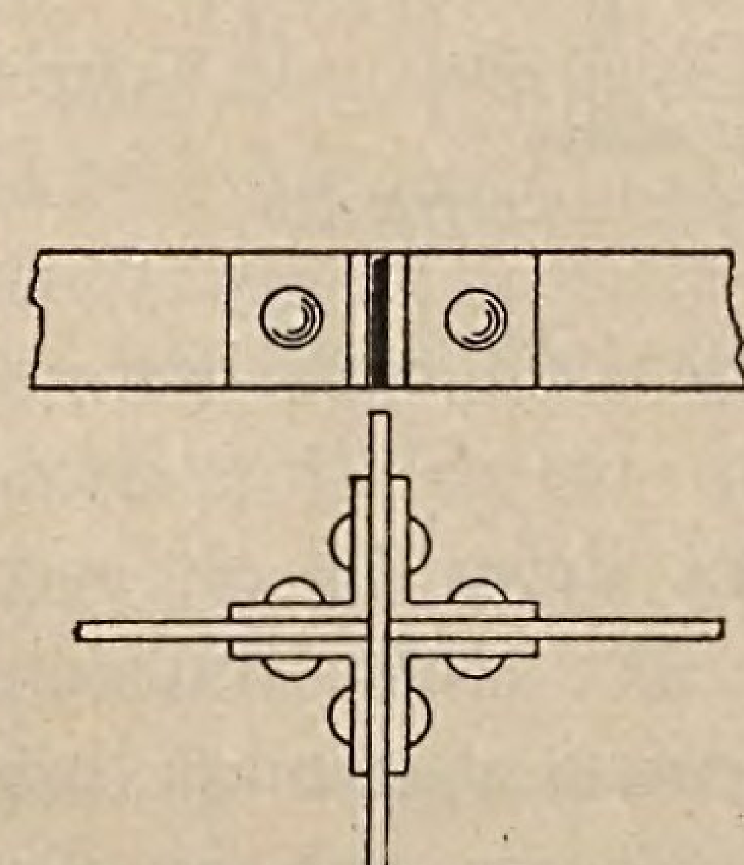
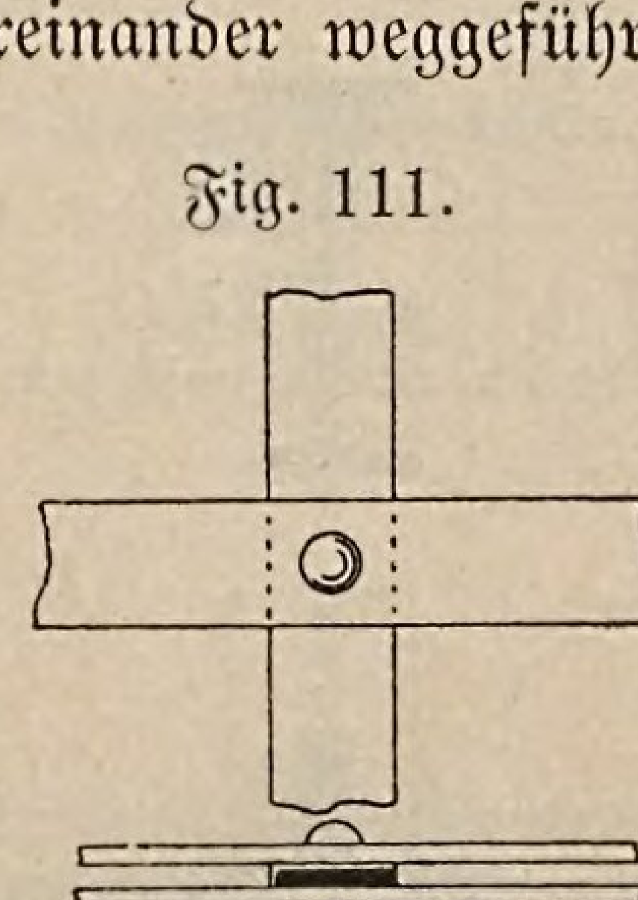


Fig. 111.



und an der Kreuzungsstelle vernietet werden. In Fig. 111 kreuzen sich zwei äußere mit einem inneren liegenden Flacheisen. Fig. 112 zeigt die Kreuzung zweier einzelner in derselben Ebene liegender Flacheisen, von denen das eine

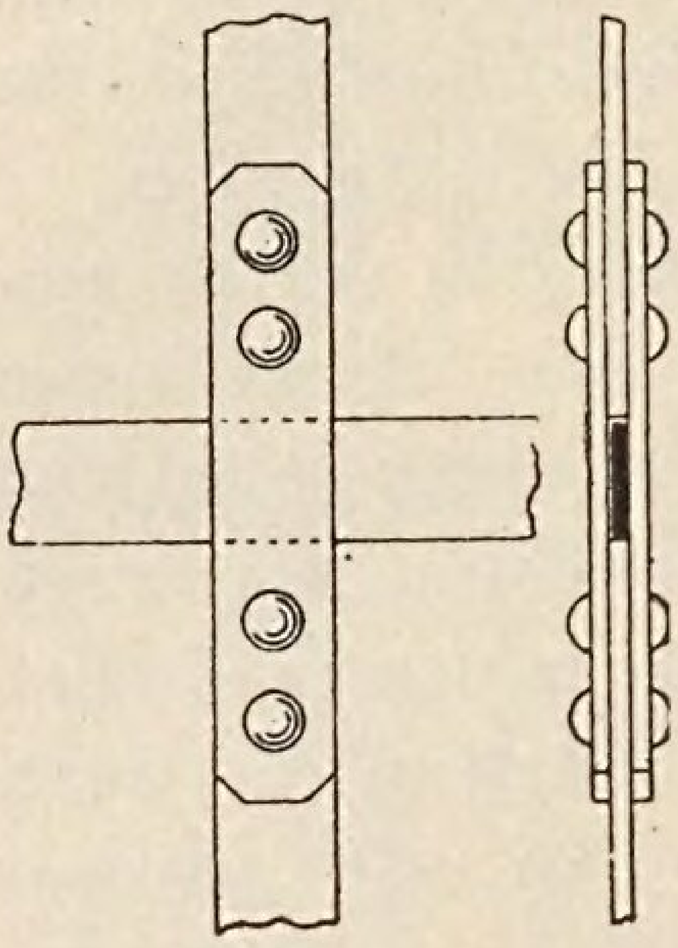


Fig. 112.

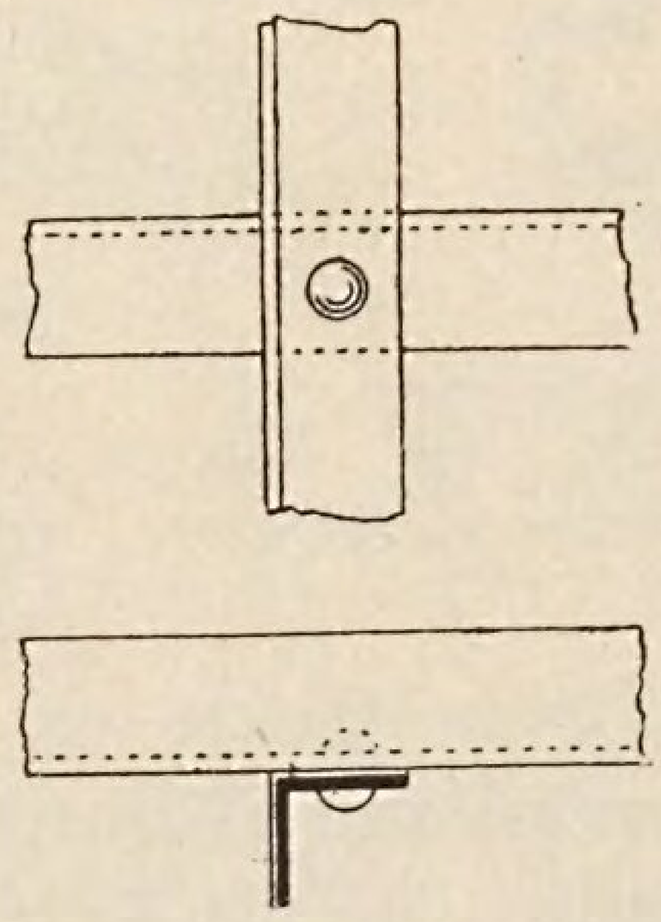


Fig. 113.

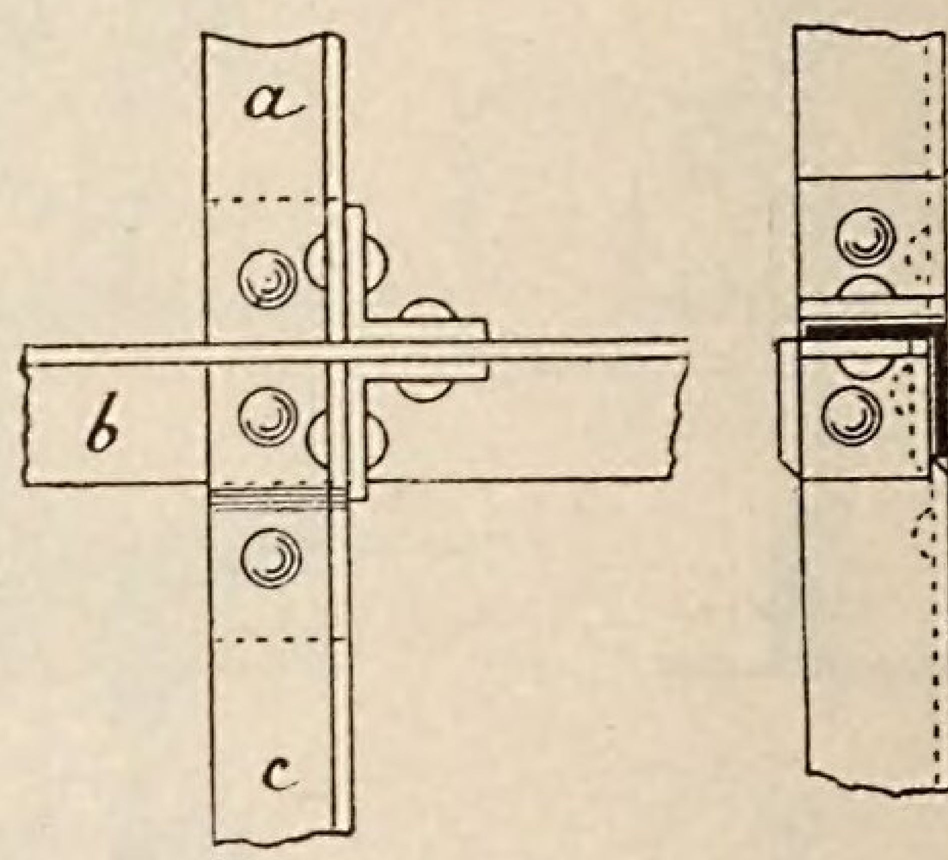


Fig. 114.

durchgehend ist, während die Enden des stumpf dagegen gestoßenen andern Flacheisens durch Doppellaschen miteinander verbunden werden.

Winkeleisen.

Die Winkeleisen können in umgekehrter Lage (das eine mit einem Schenkel nach oben, das andre mit einem Schenkel nach unten gerichtet) aneinander vorbeigeführt und an der Kreuzungsstelle durch ein Niet verbunden werden (Fig. 113). Die Kreuzung gleichliegender Winkeleisen ist nach Fig. 114 auszuführen. Der Winkel a legt sich dabei stumpf gegen den durchlaufenden Winkel b; der Winkel c ist entweder über b weggekröpft (wie in Fig. 114), oder der eine Schenkel desselben am Ende abgeschnitten. Die Verbindung geschieht mit Hilfe einer außen aufgelegten Flachlasche und zweier Winkellaschen.

Fig. 115.

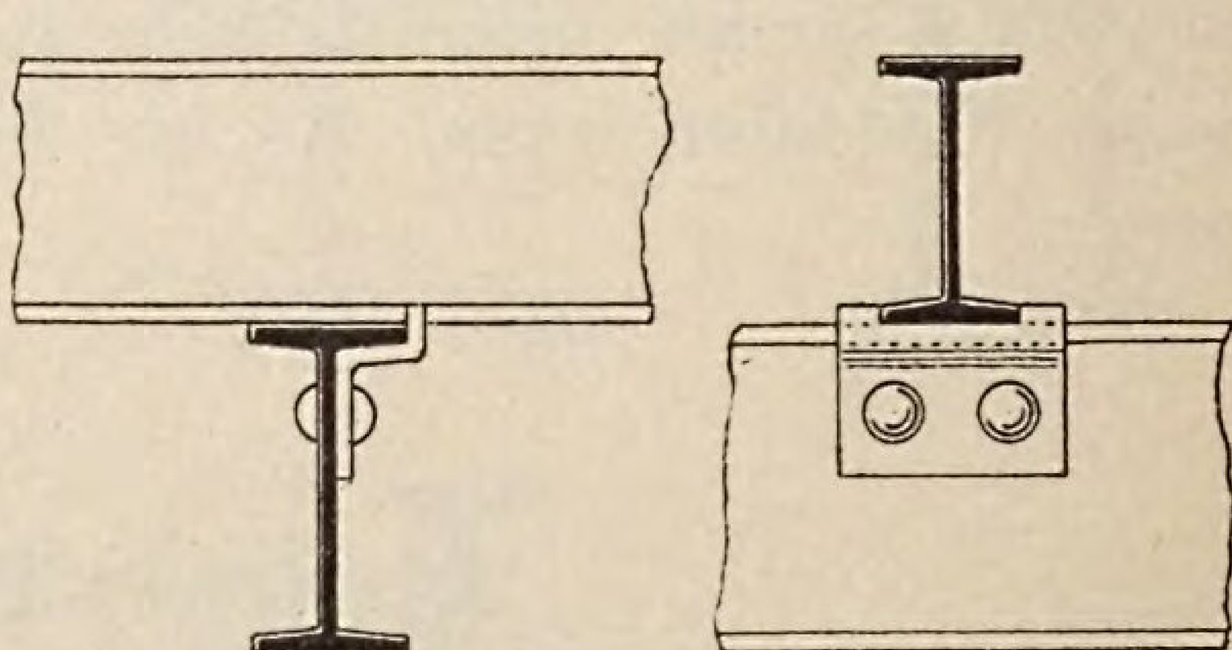
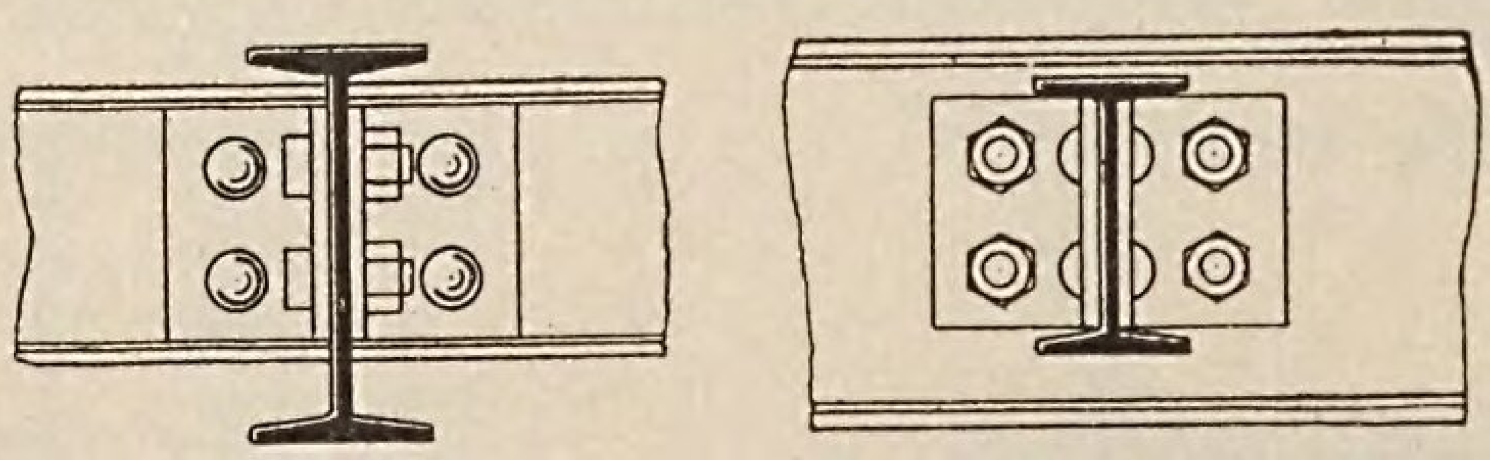
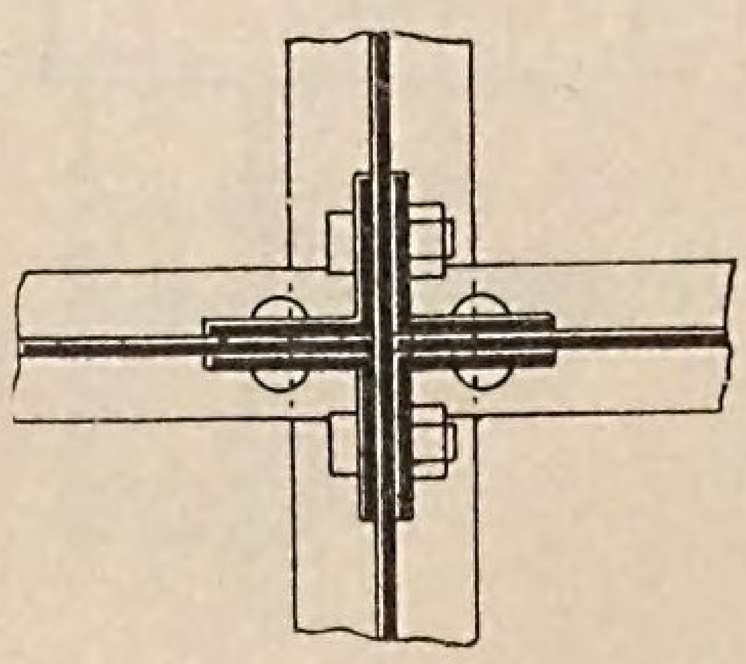


Fig. 116.





I-, C-, Z-Eisen.

Fig. 115 zeigt die Kreuzung zweier übereinander weggeführter I-Eisen. Um Verschiebungen zu verhindern, ist an das untere I-Eisen ein nach dem Profile desselben gebogenes, oben ausgeklinktes Blechstück angenietet, zwischen dessen Nasen sich der obere Träger legt.

Der direkte Anschluß zweier I-Träger an einen höheren durchgehenden Unterzug ist in Fig. 116 skizziert. Die Träger sind an den Enden mit angenieteten

Winkellaschen versehen, die mit dem Unterzuge meist verschraubt werden, da Nietung an der Baustelle selbst gern vermieden wird. Ist es wegen des Deckungsmateriales (z. B. Riffelblech) erforderlich, daß die Oberkanten der Träger und Unterzüge in einer Ebene liegen, so sind an den Enden der Träger die oberen Flantsche wegzuschneiden.

Fig. 117.

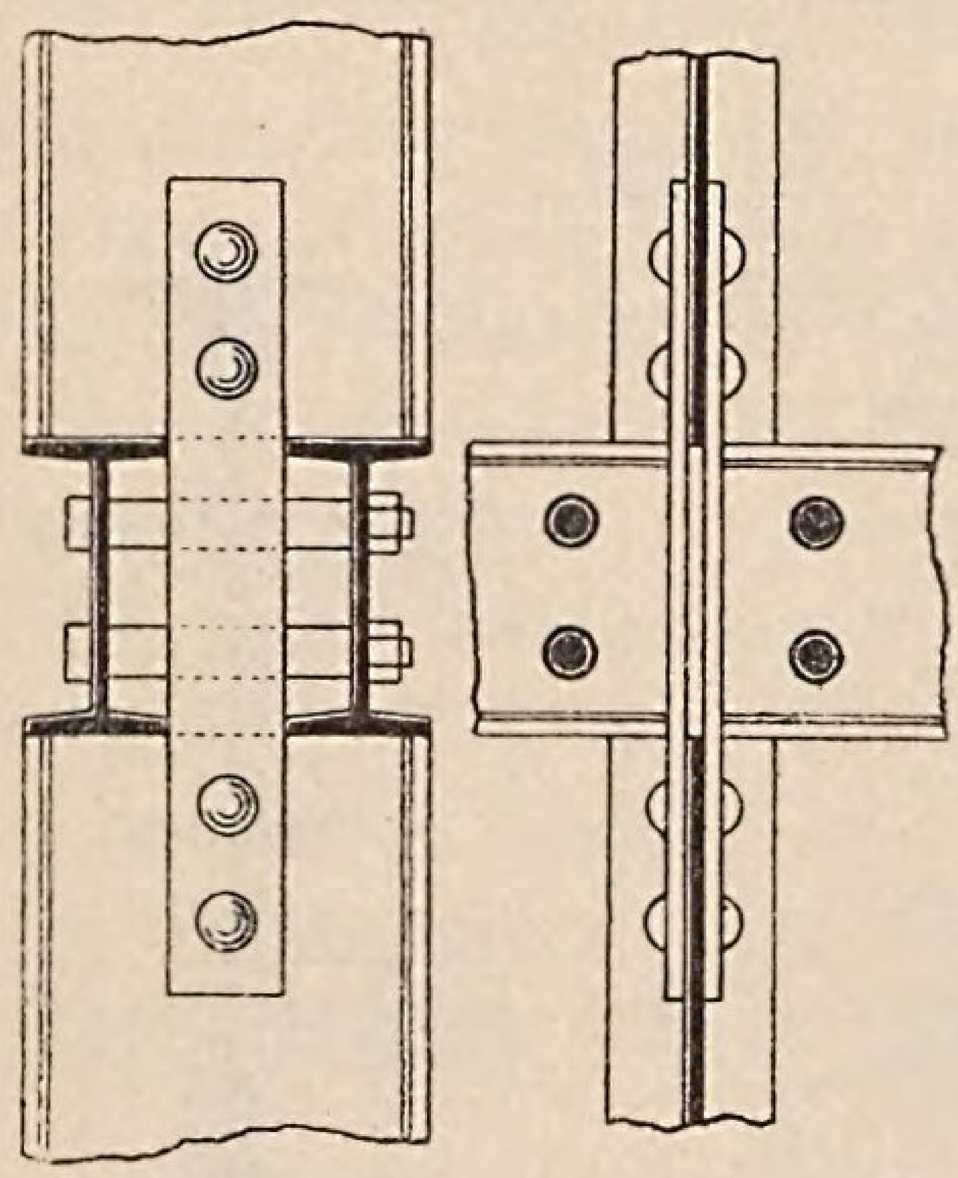
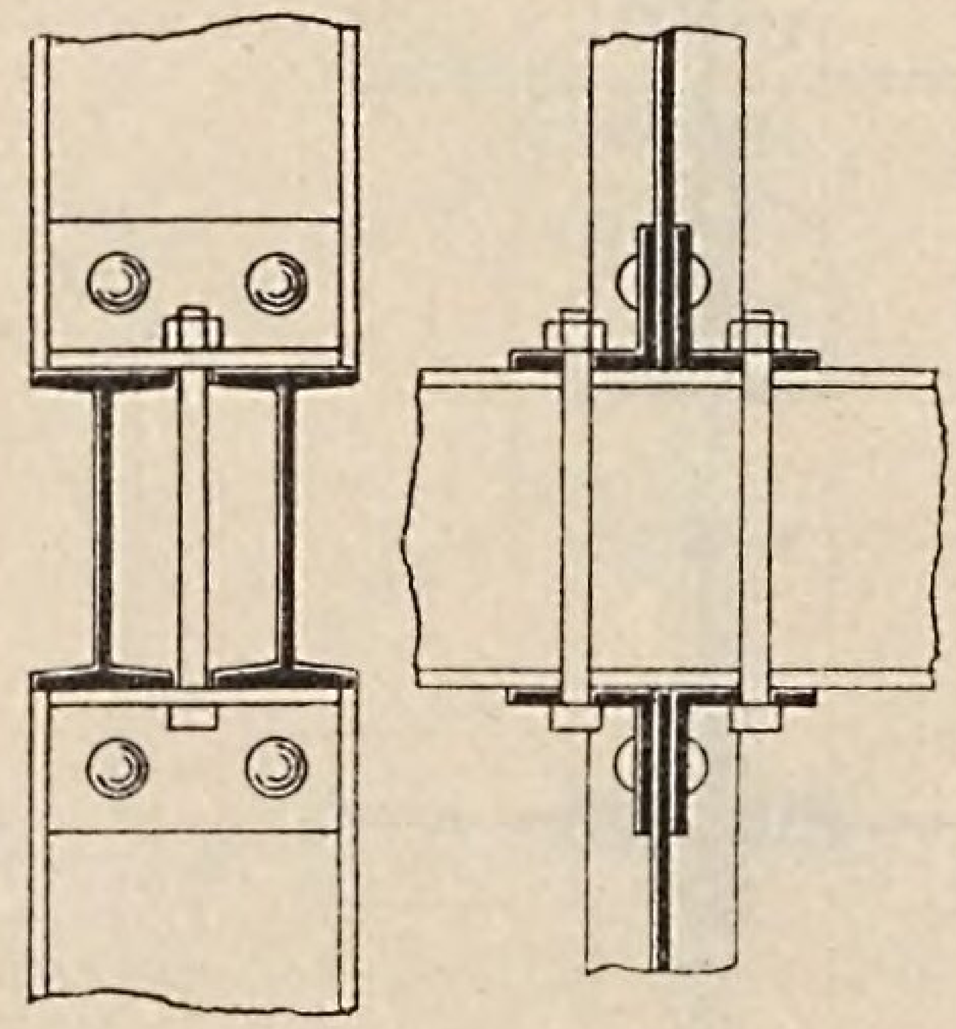


Fig. 118.



Die Fig. 117 bis 120 zeigen verschiedene Kreuzverbindungen von vertikalen, aus I-Eisen gebildeten Stützen mit horizontal durchlaufenden I-, ⊏-, Z-Eisen, die mit Rücksicht auf das in § 19 über derartige Anschlußverbindungen bereits Gesagte keiner weiteren Erklärung bedürfen.

Fig. 119.

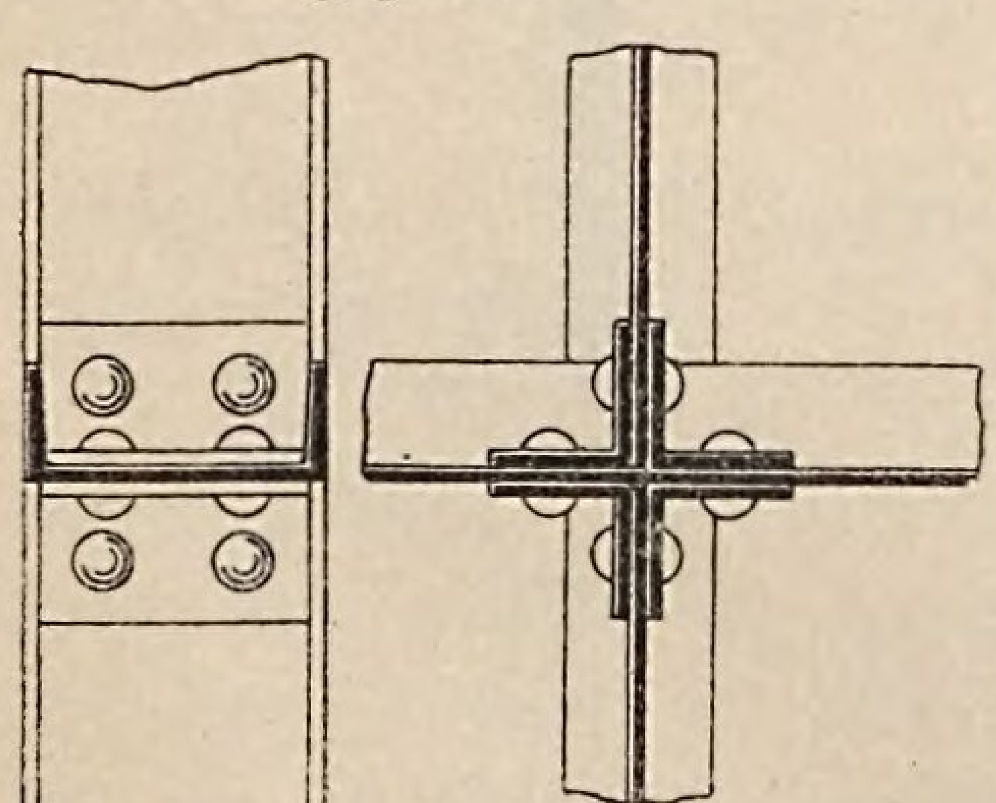


Fig. 120.

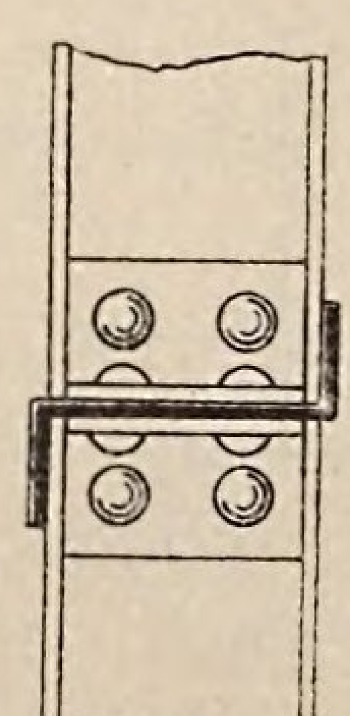
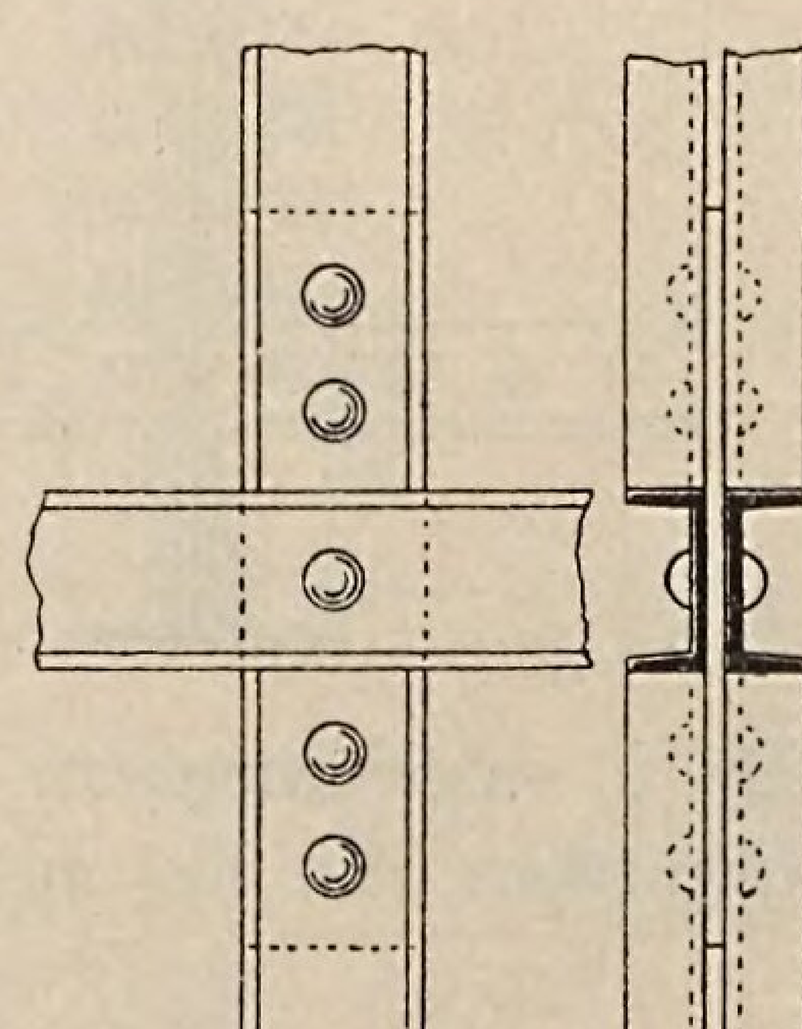


Fig. 121.



Bei der in Fig. 121 skizzierten Kreuzung von je zwei mit Schlitz angeordneten flachliegenden ⊏-Eisen ist durch den Schlitz der durchlaufenden ⊏-Eisen ein Flacheisen geschoben, welches als Lasche für die Enden der durchschnittenen ⊏-Eisen dient.

Wenn genietete Träger sich mit andern niedrigeren genieteten Trägern oder mit gewalzten I-Eisen kreuzen, so sind die Anschlußwinkeleisen stets von oben bis unten durchzuführen. Es müssen daher bei den anschließenden I-Eisen die Flantschen an den Enden abgeschnitten werden (Fig. 122), während bei Genietete Träger.

genieteten Nebenträgern die Gurtwinkel derselben über die Anschlußwinkel wegzukröpfen sind. Letztere erhalten entweder auch oben und unten eine Kröpfung für die Gurtwinkel des Hauptträgers (Fig. 123 und 125), oder es ist eine Zwischenlage aus Flacheisen bezw. Blech zwischen den Anschlußwinkeln und dem Stehblech des Hauptträgers anzuordnen (Fig. 124). Sollen die Oberkanten des Hauptträgers und der

Fig. 122.

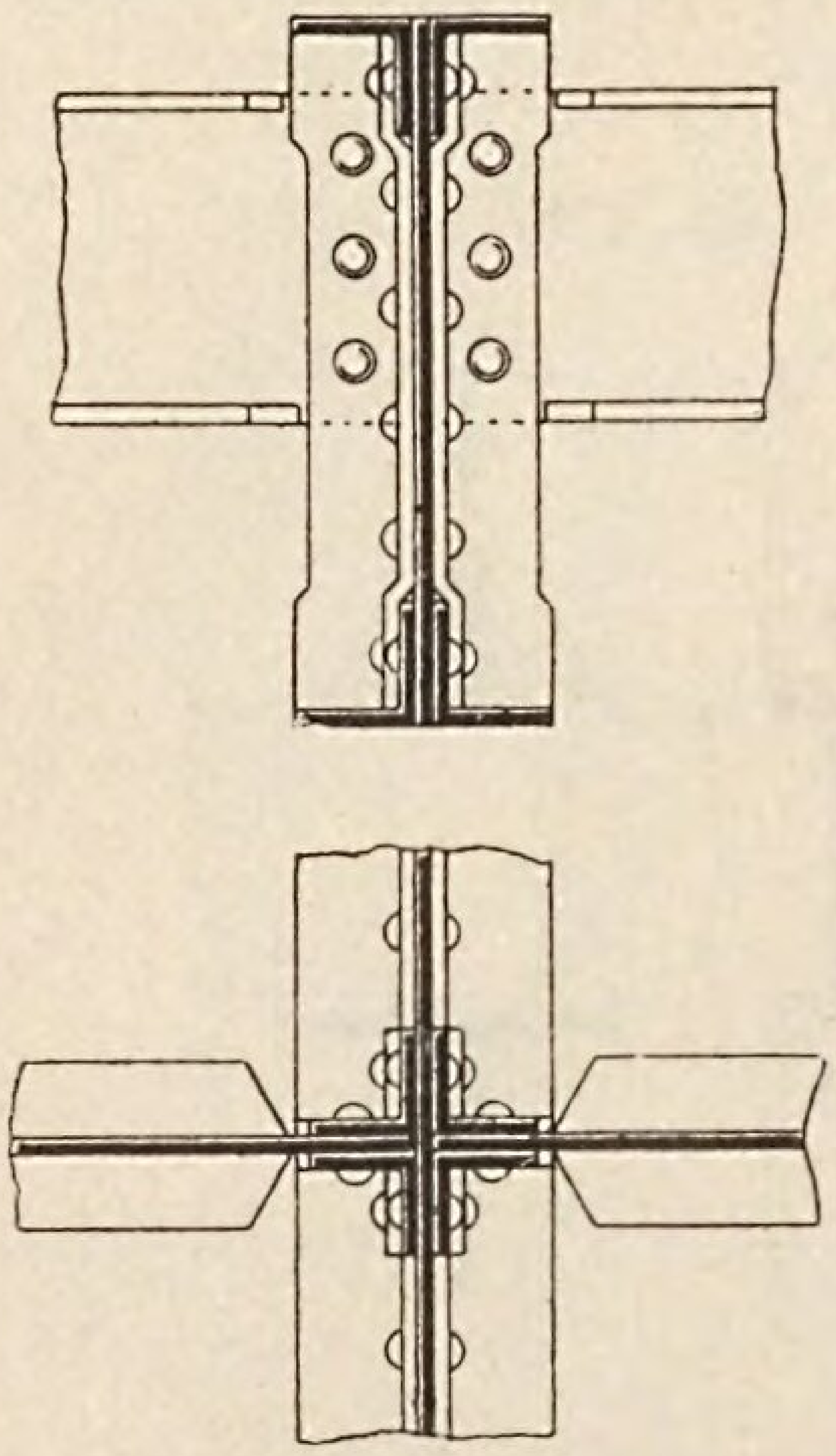
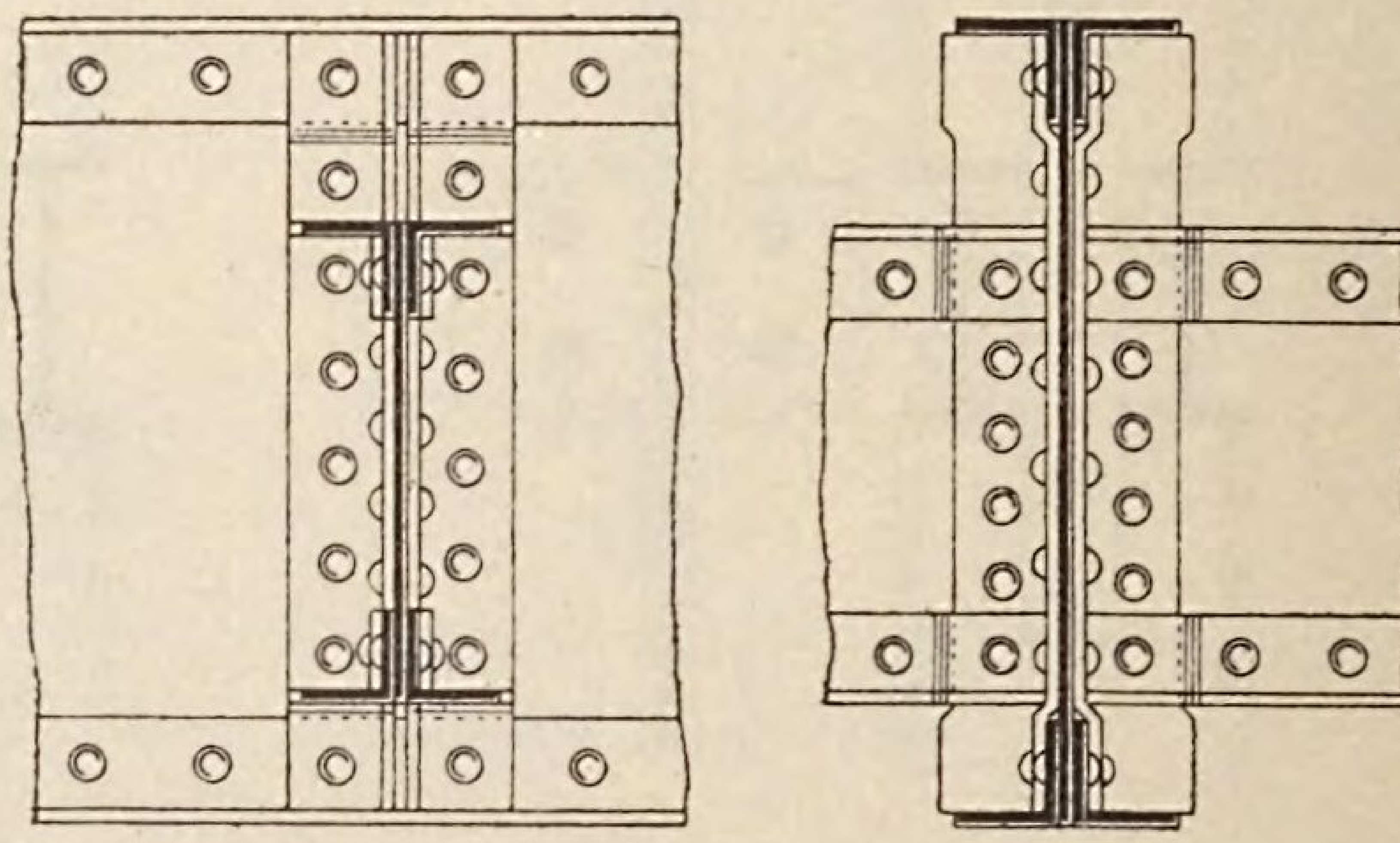


Fig. 123.



Nebenträger in eine Ebene gebracht werden, so läßt sich dies durch Kröpfung der oberen Gurtwinkel der Nebenträger erreichen (Fig. 124), oder (einfacher, aber

Fig. 124.

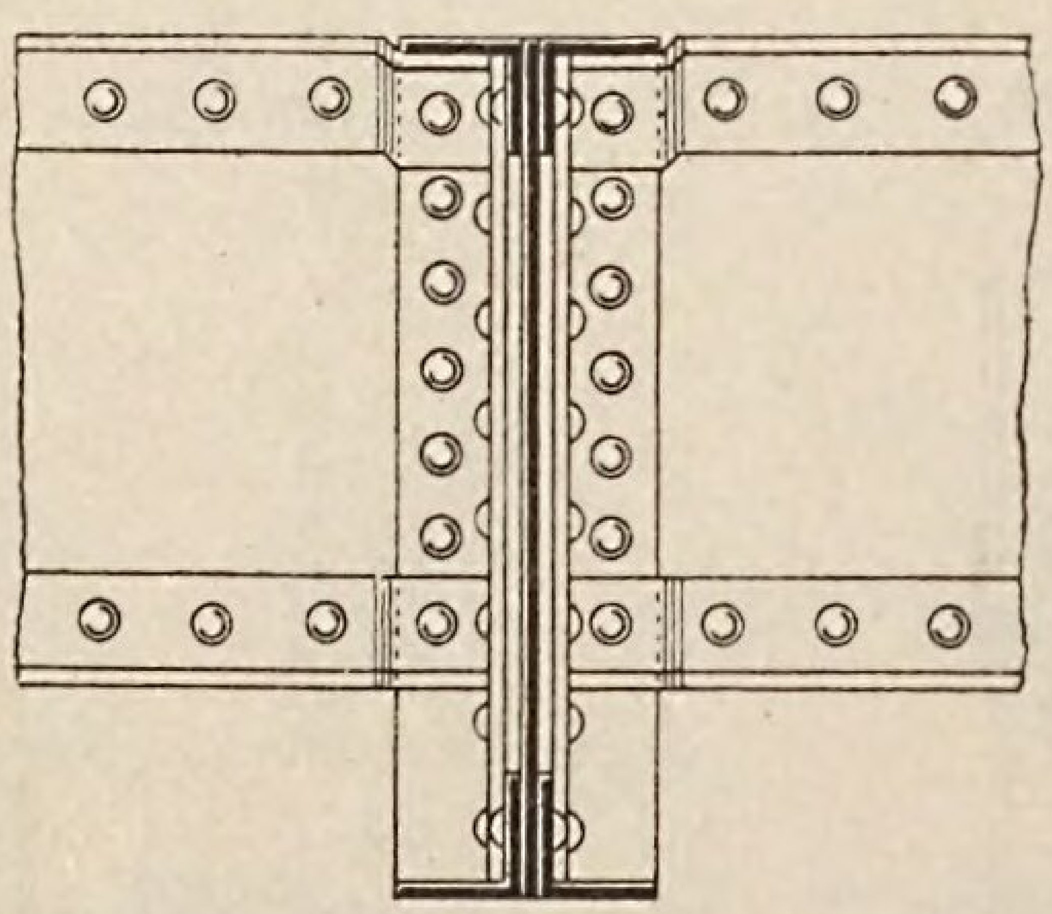
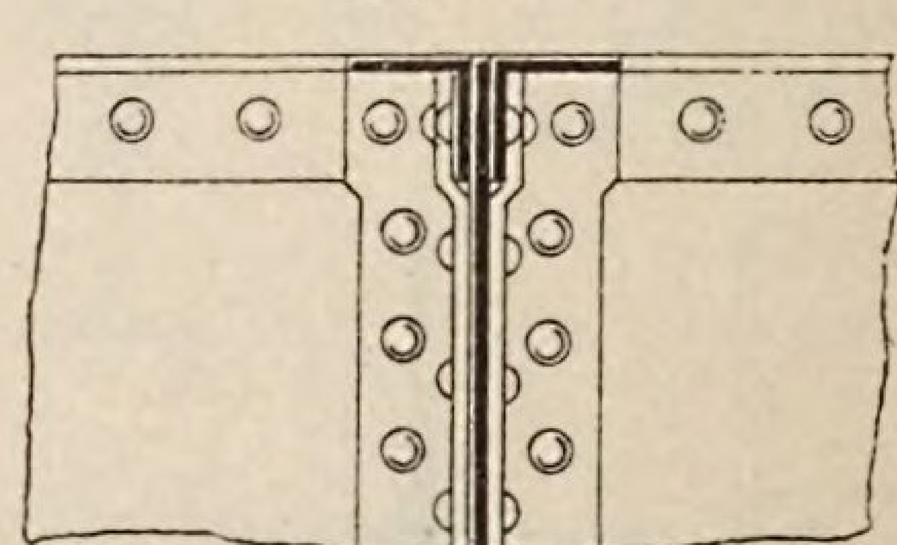


Fig. 125.



nicht so empfehlenswert) auch dadurch, daß man die oberen Gurtwinkel der Nebenträger nur bis an die Anschlußwinkel führt (Fig. 125).

§ 21.

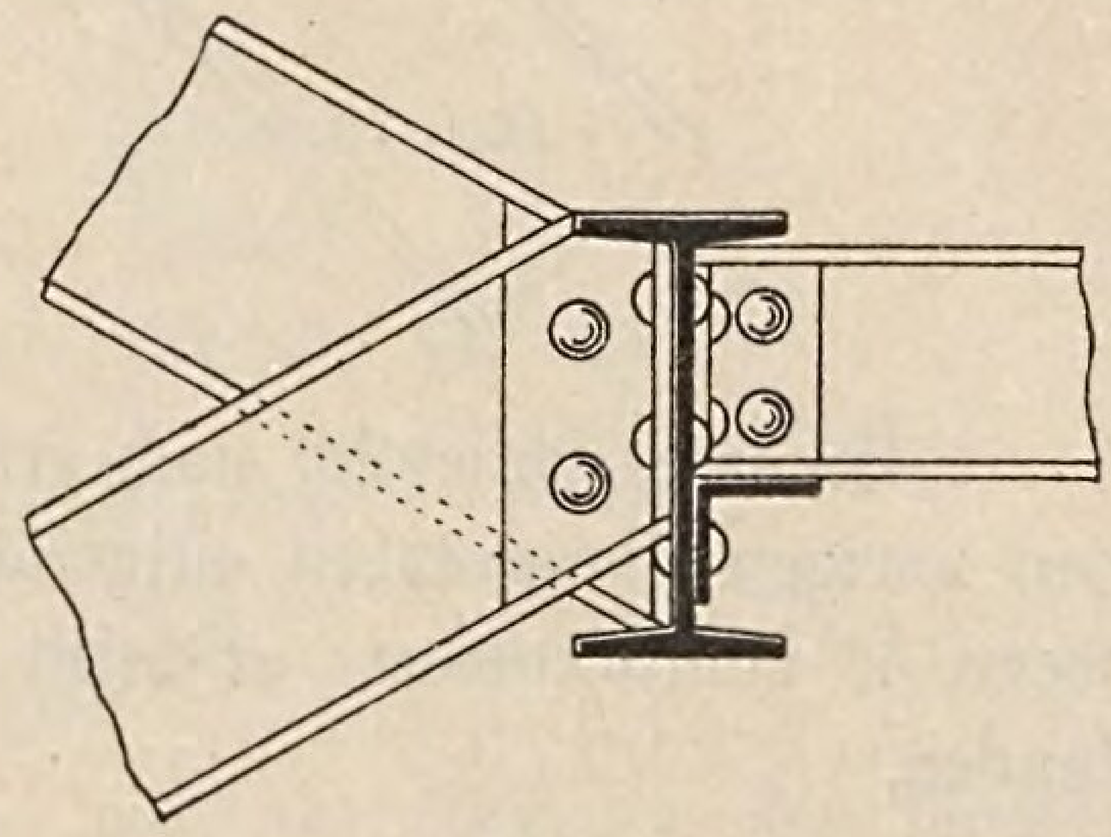
Schiefe Anschlüsse.

Unter schiefen Anschlüssen versteht man alle diejenigen Verbindungen, bei denen sich die Teile nicht unter rechtem Winkel treffen. Bei der großen Mannigfaltigkeit dieser Verbindungen, die vielfach als rein zufällige Konstruk-

tionen auftreten und dann von Fall zu Fall für sich besonders auszuarbeiten sind, ist es nicht möglich, eine auch nur annähernd vollständige Zusammenstellung derselben zu geben. Wir beschränken uns daher hier auf die Anführung einiger häufiger wiederkehrender und besonders charakteristischer Beispiele.

Fig. 126 zeigt den bei Treppen vielfach vorkommenden Anschluß der Wangenträger an einen Podestträger. Bei direkt aufgelagerten Steinstufen läßt man dabei die Oberkante der Wangenträger genau mit der Oberkante des Podestträgers zusammentreffen, weil sich dadurch der Steinschnitt am einfachsten gestaltet.

Fig. 126.



Bei einem Balkon von trapezförmigem Grundriß (Fig. 127) kann die Ausbildung der Ecken A nach Fig. 128 oder nach Fig. 129 geschehen. Die Anordnung Fig. 128 ist etwas bequemer in der Ausführung, dagegen wird der Forderung, daß sich die Schwerlinien der Teile

Fig. 127.

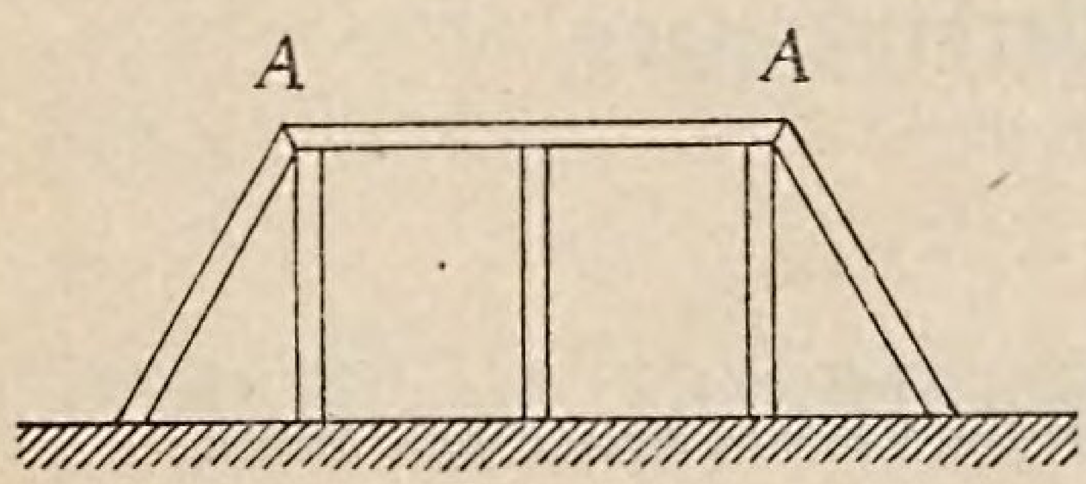


Fig. 128.

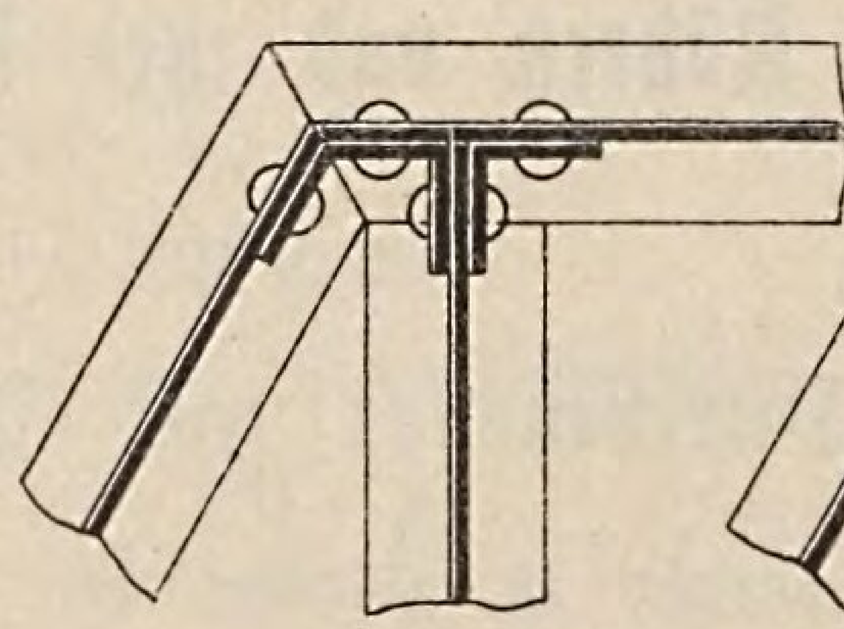
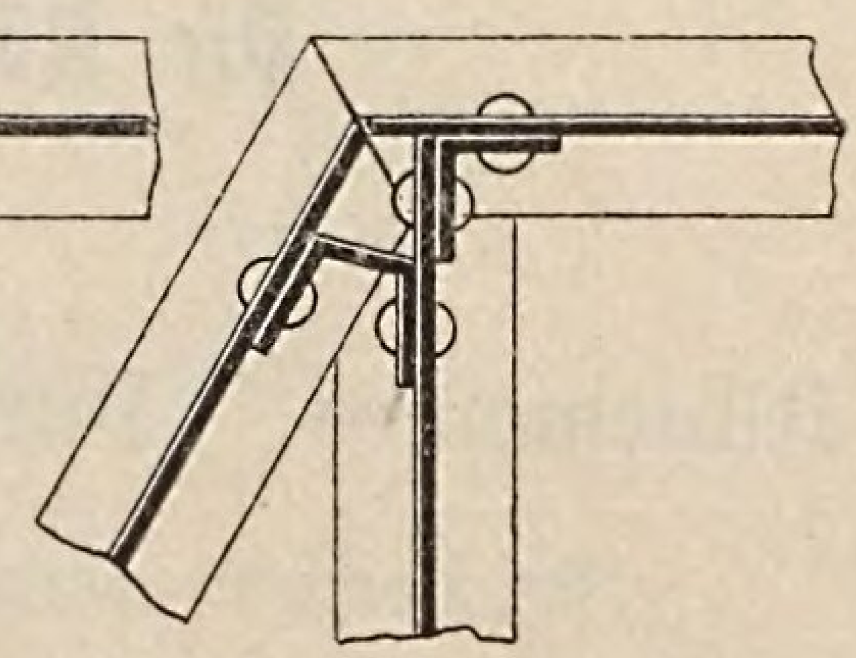


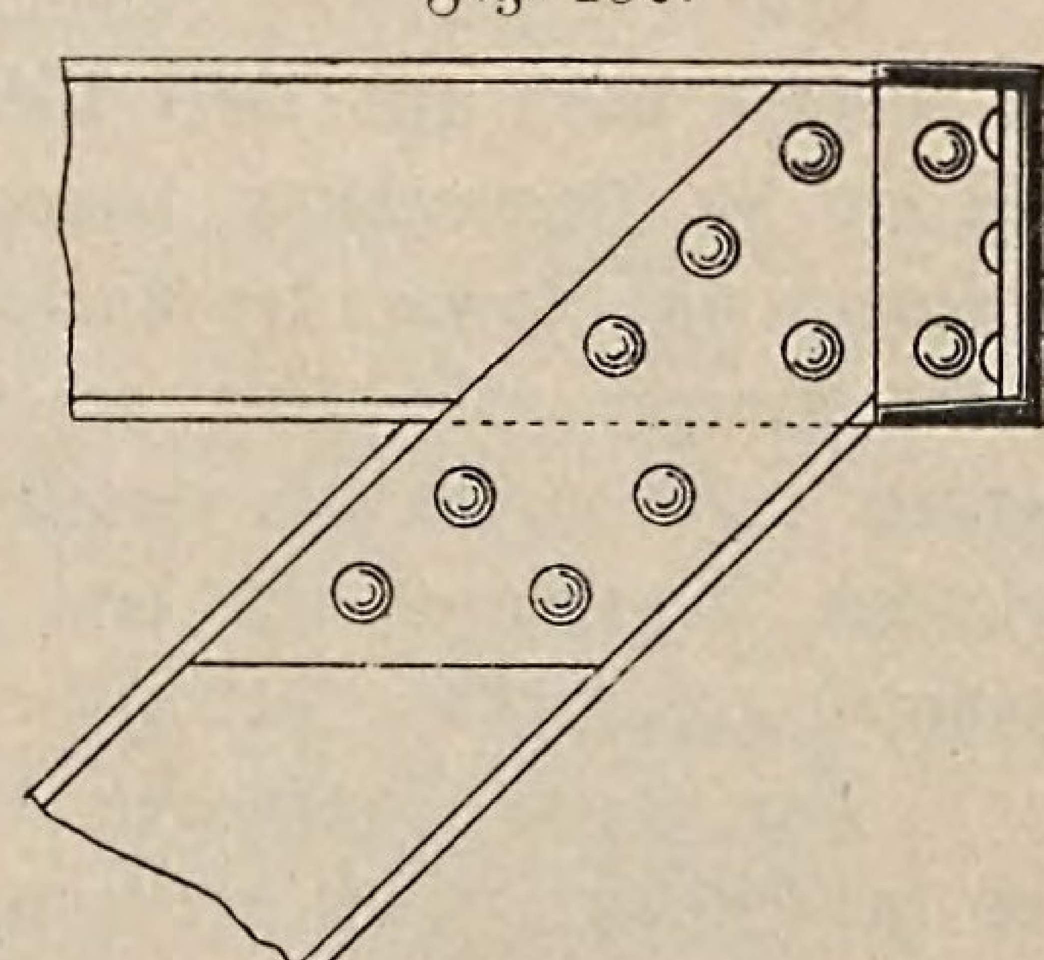
Fig. 129.



womöglich in einem Punkte schneiden sollen, durch die Anordnung Fig. 129 besser entsprochen.

Fig. 130 zeigt die Abstrebung eines I-Eisens (Konsolträgers) durch ein andres I-Eisen. Die Strebe ist am Ende schräg abgeschnitten und der untere Flantsch des Konsolträgers so weit beseitigt, daß die zur Verbindung dienenden doppelten Steglaschen ungehindert durchgeführt werden können.

Fig. 130.



Besteht der Konsolträger aus zwei ⊏-Eisen, wie in Fig. 131, so kann der durchgeführte Steg des Strebeneisens direkt als Innenlasche benutzt werden.

Die Abstrebung durchlaufender Träger geschieht vielfach durch ⊥-Eisen, deren Steg am Ende schräg ausgeschnitten, der Flantsch umgebogen und mit dem Trägerflantsche vernietet wird (Fig. 132).

Fig. 131.

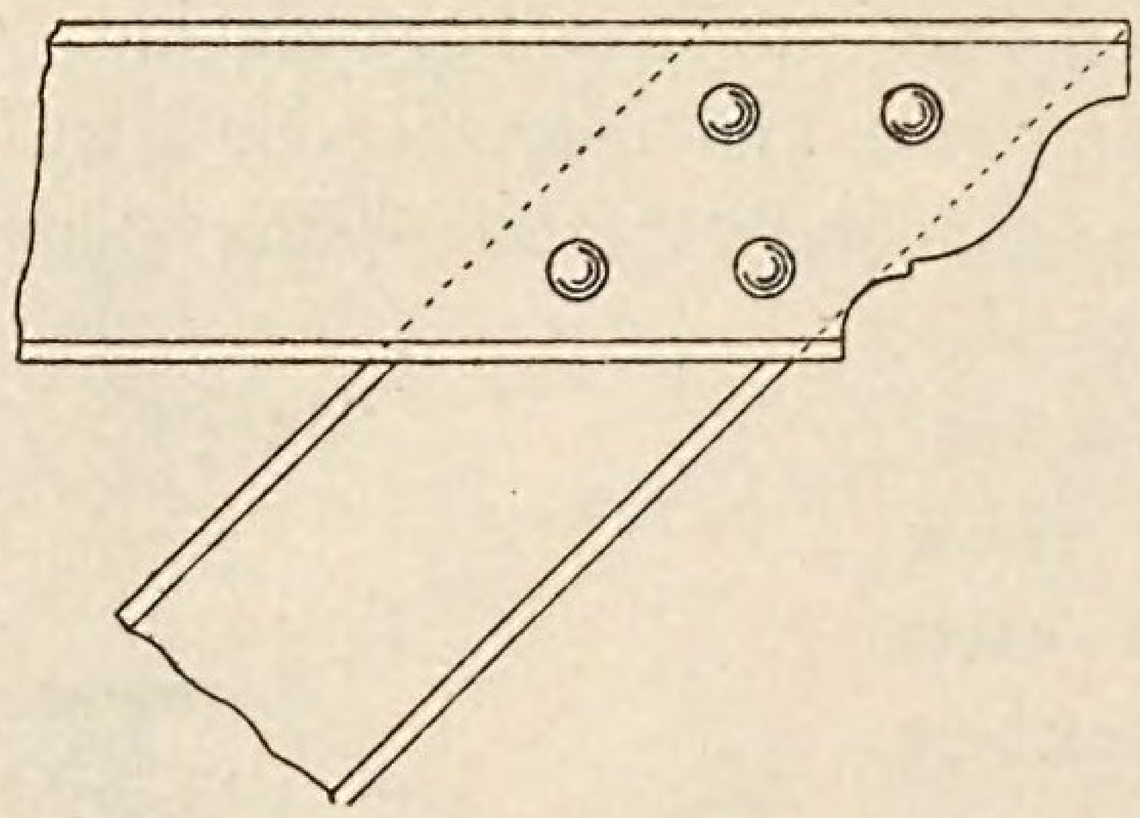
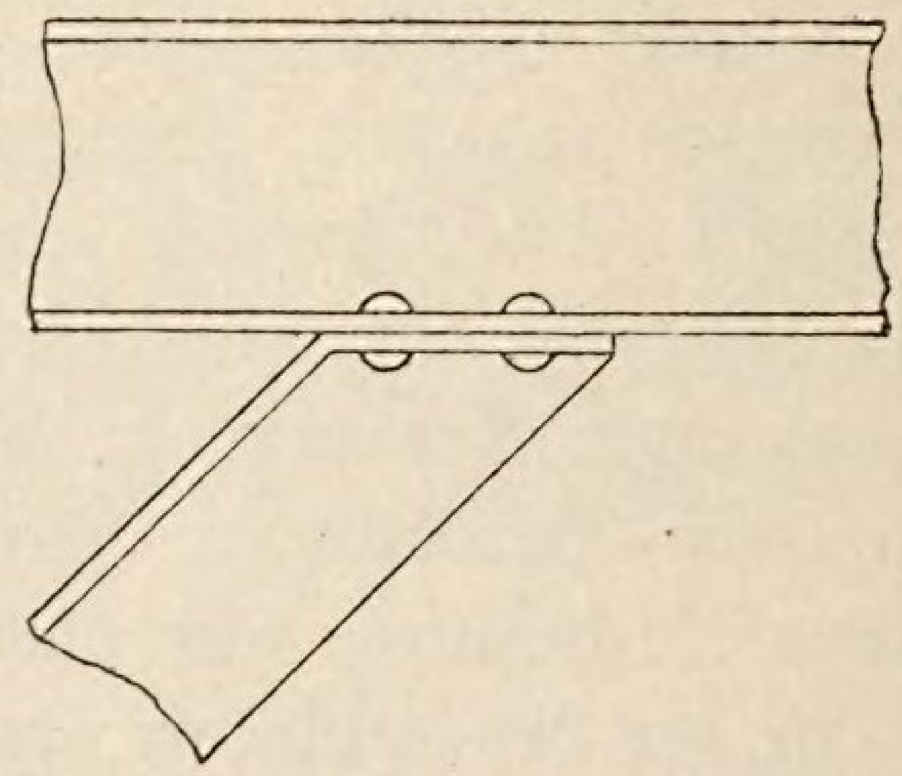


Fig. 132.



Es mag schließlich noch erwähnt werden, daß bei allen in diesem und den vorigen Paragraphen aufgeführten Verbindungen und Anschlüssen die Niete, wenn es wünschenswert erscheint, meist auch durch Schrauben ersetzt werden können.

Abschnitt IV.

Die Röhren und ihre Verbindungen.

§ 22.

Allgemeines. Durchmesser und Wandstärke der Röhren.

Im Hochbau werden zu Zwecken der Be- und Entwässerung, zu Beleuchtungs- und Heizungsanlagen Rohrleitungen verwendet, über welche auch der Hochbautechniker, namentlich was die typischen Verbindungen der einzelnen Rohrteile betrifft, genügend orientiert sein muß, und deren kurze Besprechung daher zweckmäßigerweise in das Gebiet der Eisenkonstruktionen hineingezogen wird.

Eine eingehende Behandlung sämtlicher Teile der Rohrleitungsanlagen, der Röhren selbst und ihrer Uebergangsstücke (Façonstücke), welche mit Rücksicht auf die Verwendung, sowohl nach dem Materiale, als auch nach den Abmessungen und Formen der Einzelstücke in großer Verschiedenartigkeit vorkommen, würde dagegen weit über den Rahmen dieses Buches hinausgehen und muß darüber auf Spezialwerke verwiesen werden, in denen auch die von dem Verein deutscher Ingenieure und dem deutschen Verein von Gas- und Wasserfachmännern aufgestellten Normalien für gußeiserne Röhren zu finden sind.

Der innere Durchmesser D eines Rohres ist abhängig von der Menge und der Geschwindigkeit der fortzuleitenden Flüssigkeit und ergibt sich (in Meter) aus der Bedingung:

$$\frac{D^2 \pi}{4} . v = Q \quad \ldots\ldots\ldots \quad 18)$$

wobei

Q die pro Sekunde fortzuleitende Flüssigkeitsmenge in Kubikmetern,
v die Geschwindigkeit in Metern pro Sekunde

bedeutet.

Als Mittelwerte für v kann man annehmen:

v = 0,8 bis 1,5 m für Wasser,
v = 2 „ 3 „ „ Gas,
v = 5 „ 10 „ „ gepreßte Luft,
v = 15 „ 30 „ „ Dampf.

Z. B. für Q = 0,006 cbm und v = 1,2 m wird nach Gl. 18):

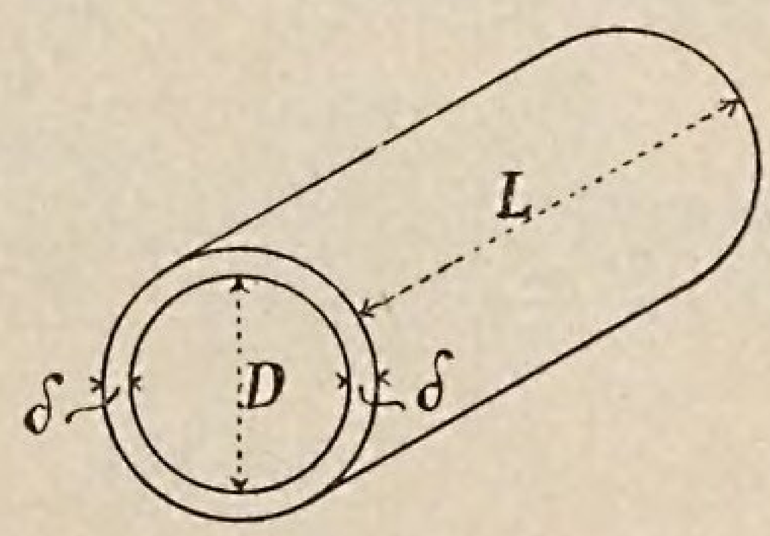
$$\frac{D^2\pi}{4} = \frac{Q}{v} = \frac{0,006}{1,2} = 0,005 \text{ qm}$$

folglich:

$$D = 0,08 \text{ m} = 8 \text{ cm}.$$

Die Wandstärke δ ist abhängig von dem im Inneren des Rohres herrschenden Druck und von dem Materiale. Bedeutet: p den Druck in Atmosphären (1 Atmosphäre = 1 kg pro Quadratcentimeter) und k die zulässige Inanspruchnahme des Materiales in Kilogramm pro Quadratcentimeter, so ist unter der Annahme gleichmäßiger Spannungsverteilung nach Fig. 133:

Fig. 133.



$$2\,\delta\,L\,k = p\,D\,L,$$

woraus sich für die Wandstärke δ der theoretische Wert ergibt:

$$\delta = \frac{D}{2}\,\frac{p}{k} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 19)$$

Praktisch setzt man noch eine vom Materiale abhängige und durch die Herstellungsrücksichten bedingte konstante Größe zu.

§ 23.

Gußeiserne Röhren.

Diese Röhren werden zur Zeit von allen Gießereien, welche den Röhrenguß als Spezialität betreiben, stehend gegossen. Bei den liegend geformten Röhren sucht sich nämlich, infolge des Auftriebes des eingegossenen Eisens, der Kern nach oben durchzubiegen, wodurch die Wandstärken eines Rohres leicht verschieden groß ausfallen können, während die stehend gegossenen Röhren, die außerdem eine größere Dichtigkeit besitzen, überall gleiche Wandstärke zeigen.

Bei einem Betriebsdruck von p = 10 Atmosphären (Probedruck 15 bis 20 Atmosphären) und einer Inanspruchnahme pro Quadratcentimeter von: Wandstärke.

k = 300 kg für stehend gegossene Röhren,
k = 250 „ „ liegend gegossene Röhren

ergeben sich mit Hinzufügung der erforderlichen und erfahrungsgemäß festgestellten konstanten Größe nach Gl. 19) für die Wandstärke δ die Werte

für stehend gegossene Röhren:

$$\delta = \frac{1}{60} D + 0{,}7 \text{ cm} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 20)$$

für liegend gegossene Röhren und Façonstücke:

$$\delta = \frac{1}{50} D + 0{,}9 \text{ cm} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 21)$$

Die mit diesen Wandstärken ausgeführten Rohre werden als schwere Rohre bezeichnet.

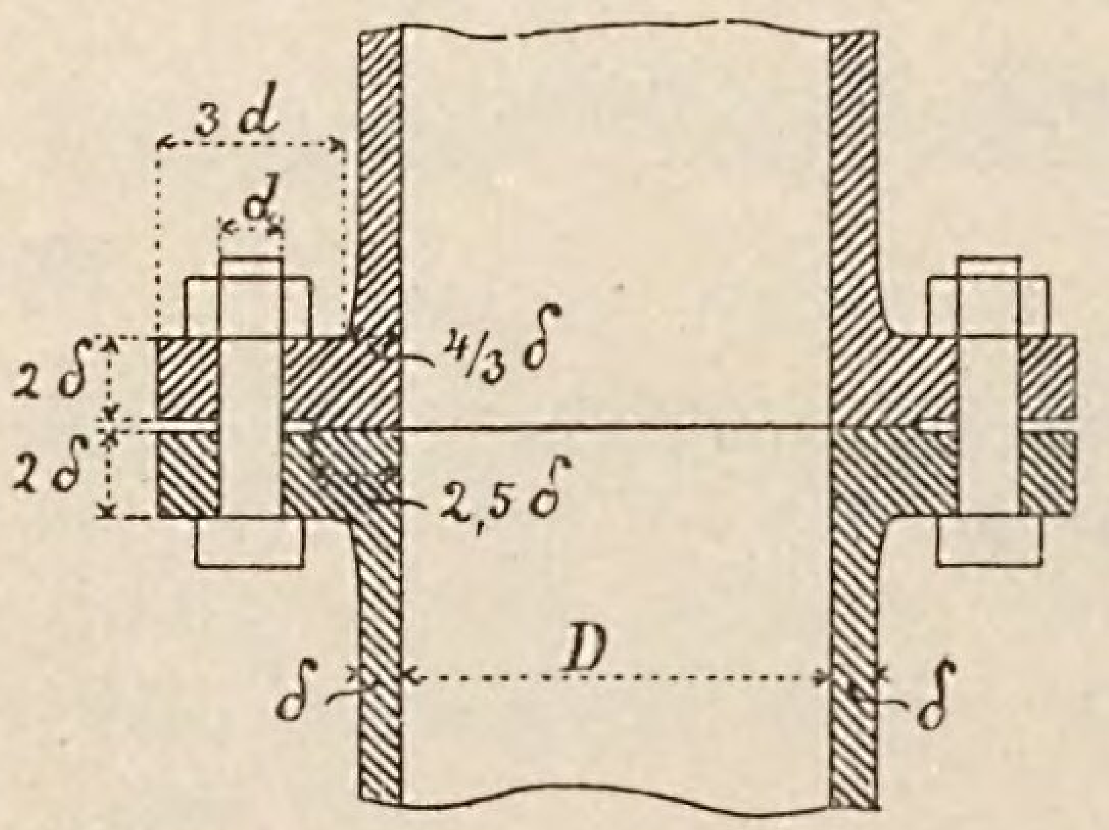
Bei niedrigeren Druckverhältnissen (4 bis 7 Atmosphären) ist eine Verminderung der Wandstärken zulässig und an verschiedenen Orten auch von seiten der Baupolizei gestattet. (Mittelschwere Röhren.)

Für Leitungen, in denen ein sehr geringer Druck oder überhaupt kein Druck herrscht (Gasleitungen, Kanalisationsleitungen, Klosettröhren ꝛc.) genügen Röhren mit noch geringerer Wandstärke. (Leichte oder schottische Röhren.)

Durchmesser und Baulänge.

Die gußeisernen Röhren werden in lichten Durchmessern von 4 cm an aufwärts hergestellt und kommen im Baufache zur Anwendung bis zu etwa 20 cm Durchmesser. Die übliche Baulänge beträgt für die kleineren Röhren (bis 6 cm Durchmesser) 2 m, für die größeren 3 m. Längere Leitungen müssen aus einzelnen Rohrstücken zusammengesetzt werden; dies geschieht mittels der Flantschen- oder der Muffenverbindung.

Fig. 134.



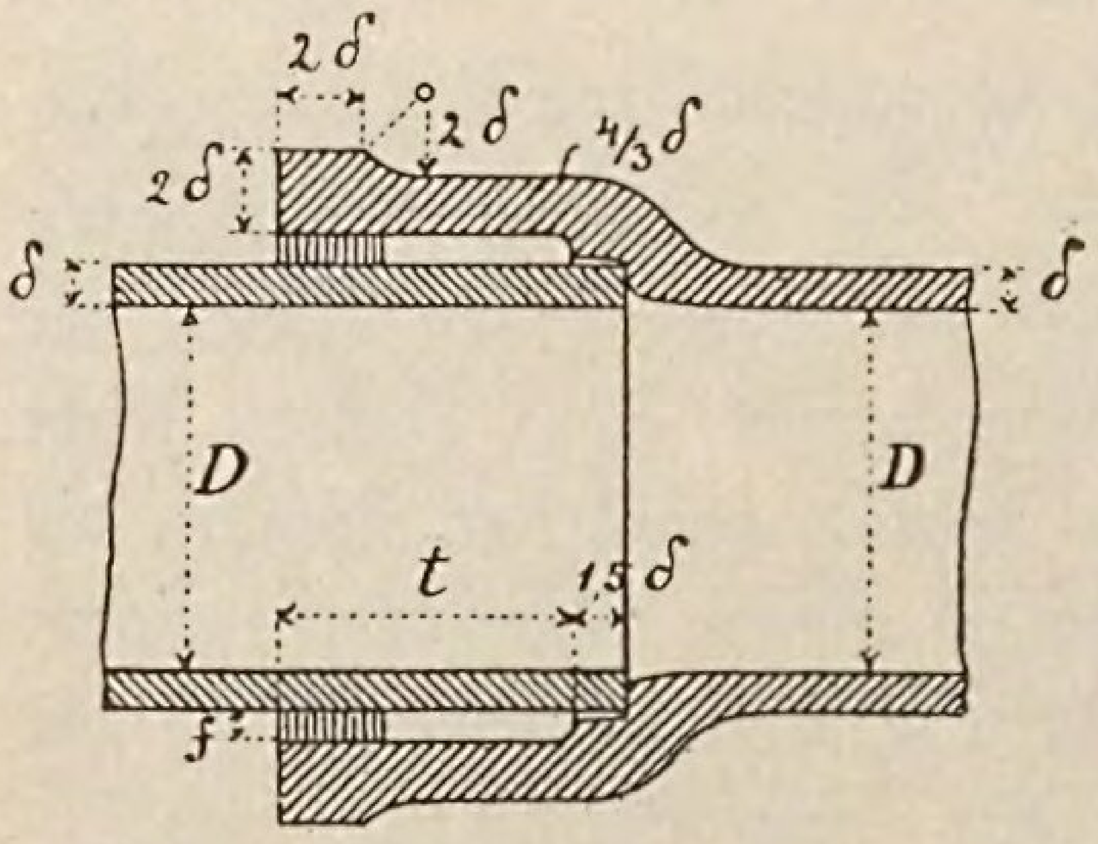
1. Die Flantschenverbindung (Fig. 134). Nachdem die Dichtungsflächen der Flantsche genau rechtwinklig gegen die Rohrachse abgedreht sind, erfolgt die Verbindung je zweier Rohrstücke mittels Schrauben und Gummidichtung von etwa 0,2 cm Stärke. Um ein Herausdrücken der letzteren zu erschweren, werden wohl in die Dichtungsflächen konzentrische kleine Nuten eingedreht. Bei Röhren bis zu 20 cm Durchmesser beträgt die Anzahl der Schrauben:

$$i = 4 \text{ bis } 6$$

die Stärke derselben:

$$d = 1{,}6 \text{ bis } 2 \text{ cm}$$

Fig. 135.



Für die Stellung der Schrauben gilt die Regel, daß in der Vertikalebene der Rohrachse sich keine Schraubenlöcher befinden sollen.

2. Die Muffenverbindung (Fig. 135). Ein Rohrstück ist an einem

Ende cylindrisch, am andern Ende mit einer Muffe versehen. Die Verbindung erfolgt in der Weise, daß das cylindrische Ende des einen Rohres bis auf den Grund der Muffe des andern Rohres eingeschoben wird. Es werden dann mit Teer getränkte Hanfseildofte (Teerstricke) in Windungen zwischen Rohr und Muffe eingebracht und mittels stumpfer Meißel fest angetrieben. Der obere Raum wird mit Blei vergossen, welches nach dem Erstarren zu verstemmen und abzugleichen ist.

Die Dichtungstiefe beträgt etwa:

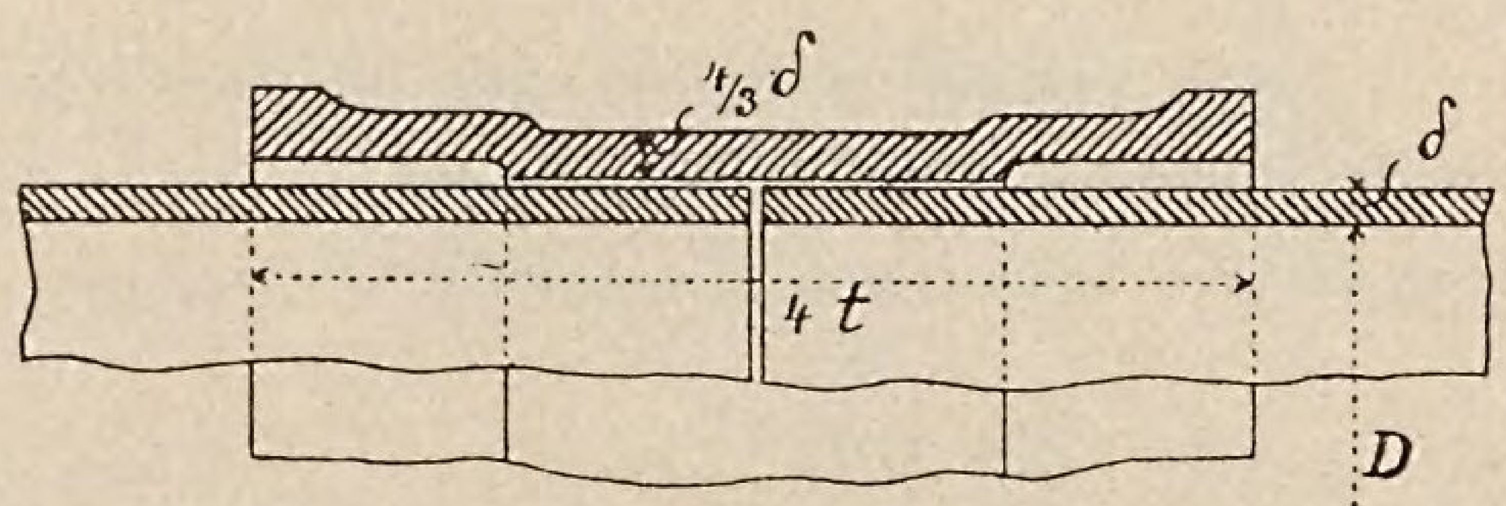
$$t = 4\,\delta + 4 \text{ cm}.$$

Die Stärke der Dichtungsfuge (bei Röhren bis zu 20 cm Durchmesser):

$$f = 0{,}8 \text{ cm}.$$

Um schadhaft gewordene Röhren leichter auswechseln zu können, ohne dabei eine Verschiebung der ganzen Leitung vornehmen zu müssen, schaltet man ab und an ein cylindrisches Rohrstück ein und verbindet dann die zwei zusammentretenden cylindrischen Rohrenden durch eine Doppelmuffe (Ueberschiebmuffe) Fig. 136.

Fig. 136.



Faconstücke.

Außer den geraden Rohrstücken kommen bei den aus Flantschen- oder Muffenröhren bestehenden Leitungen noch besondere Formstücke (Faconstücke) vor. Diese werden dazu benutzt, um von einer Rohrleitung abzuzweigen, oder dieselbe zu krümmen, auch um den Durchmesser derselben zu verändern. Die zur Zeit üblichen Normalfaconstücke sind in den meisten technischen Handbüchern, z. B. auch im „Ingenieurs-Taschenbuch Hütte" aufgeführt.

§ 24.

Schmiedeiserne Röhren.

Die in Gebäuden benutzten schmiedeisernen Röhren, sogen. Gasröhren, werden durch Ziehen hergestellt und sind in der Naht stumpf geschweißt. Sie finden als einfache schwarze Röhren allgemeine Anwendung zu Gasleitungen, im verzinkten Zustande beschränkte Anwendung zu Trinkwasserleitungen.

Durchmesser und Baulänge.

Am gebräuchlichsten sind für Gasleitungen Röhren von $^3/_8$" (0,95 cm) bis $1^1/_2$" (3,81 cm), für Wasserleitungen bis zu 3" (7,62 cm) innerem Durchmesser. Diese Röhren werden in der Regel in Längen von 4 m stets auf Lager gehalten.

Tabelle der Gasgewinde.

Innerer Rohr-Durchmesser Zoll engl.	Centimeter	Gewinde-Durchmesser außen	innen	Anzahl der Gänge auf 1″ engl.
3/8	0,95	1,95	1,42	19
1/2	1,27	2,06	1,83	14
5/8	1,59	2,30	2,07	14
3/4	1,90	2,62	2,39	14
7/8	2,22	3,02	2,79	14
1	2,54	3,33	3,04	11
1 1/4	3,17	4,13	3,84	11
1 1/2	3,81	4,76	4,47	11
1 3/4	4,45	5,40	5,11	11
2	5,08	6,03	5,74	11
2 1/4	5,71	6,67	6,38	11
2 1/2	6,35	7,62	7,33	11
2 3/4	6,98	7,94	7,65	11
3	7,62	8,89	8,60	11

Längsverbindung. Die Längsverbindung der schmiedeisernen Röhren geschieht in der Regel durch aufgeschraubte Muffen (Fig. 137). Die Röhren werden dazu an den Enden mit dem sogen. Gasgewinde versehen. (Vergl. die Tabelle.)

Fig. 137.

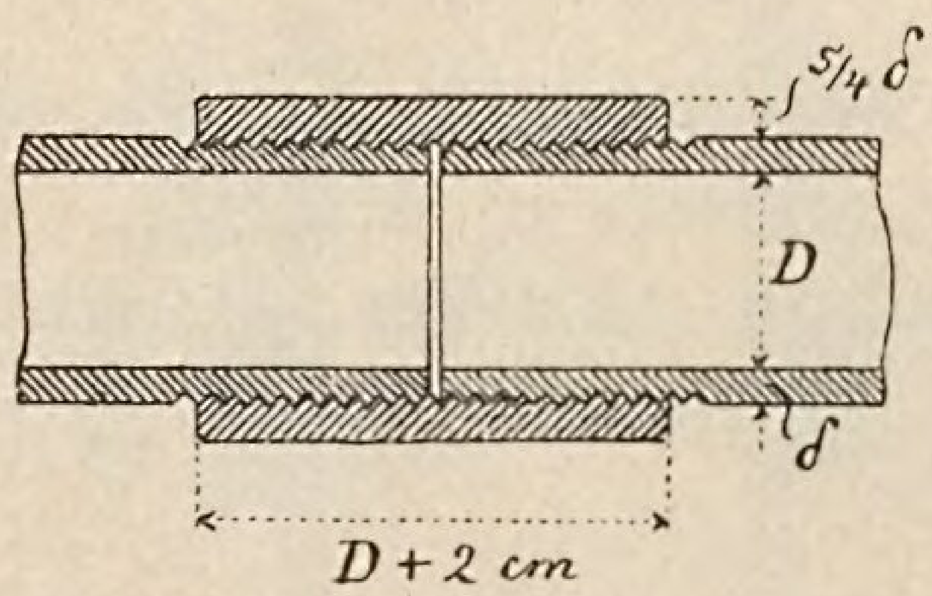
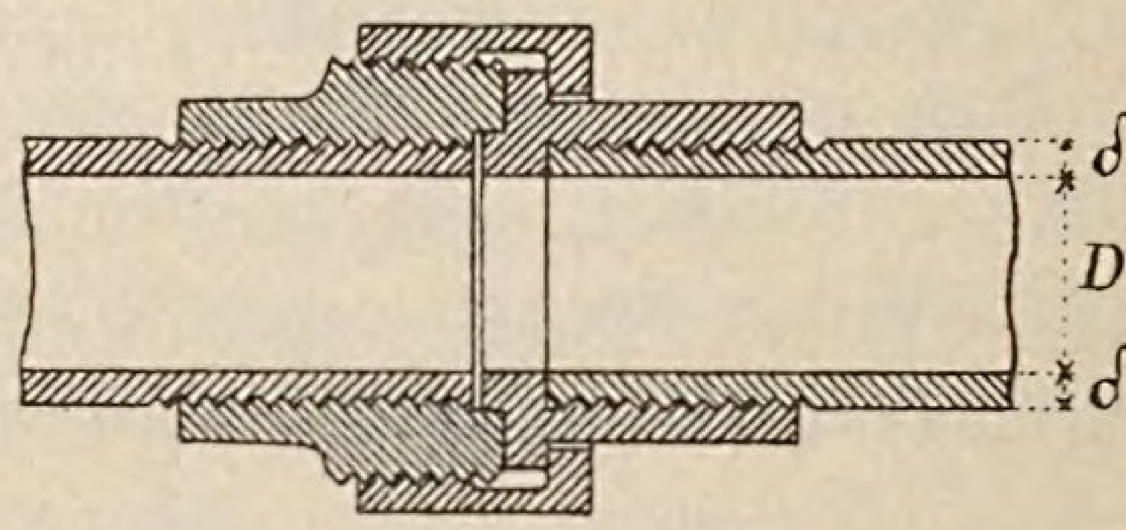
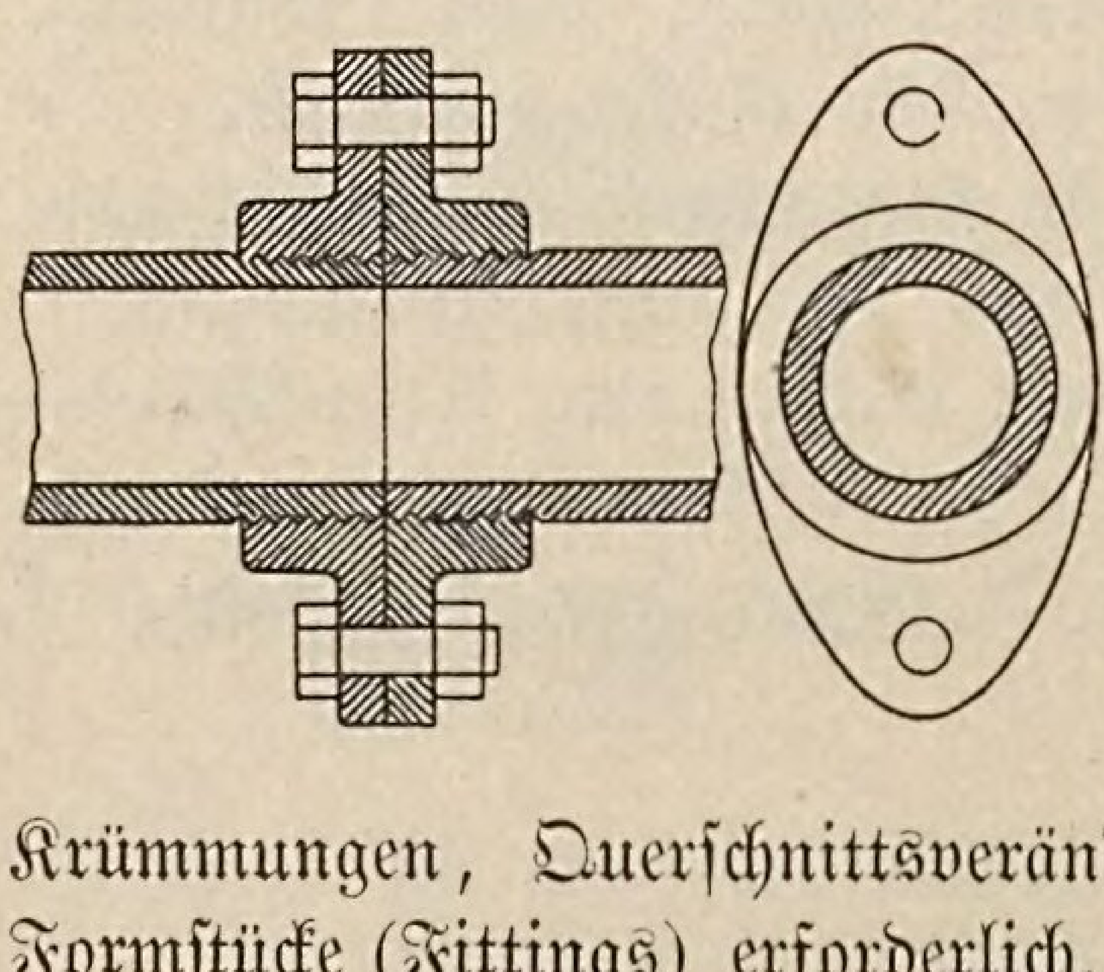


Fig. 138.



Ist es erforderlich oder wünschenswert, später gelegentlich ein Rohrstück aus der Leitung herausnehmen zu können, ohne diese selbst von ihrem Platze bewegen zu müssen, so ist das Gewinde an einem Rohrende so weit anzuschneiden, daß die Muffe auf diesem ganz zurückgeschraubt werden kann. Derselbe Zweck läßt sich (vollkommener, aber auch teurer) erreichen durch die Rohrverschraubung Fig. 138, oder auch dadurch, daß auf die Rohrenden aus schmiedbarem Guß hergestellte (meist ovale) Flantschen aufgeschraubt werden (Fig. 139).

Fig. 139.



Zur Herstellung von Abzweigungen, Krümmungen, Querschnittsveränderungen und Rohrverschlüssen sind besondere Formstücke (Fittings) erforderlich, die jetzt fast durchweg aus schmiedbarem Guß

angefertigt werden. Die gebräuchlichsten Formen derselben sind u. a. in „Aßmann, Bewässerung und Entwässerung von Grundstücken“ aufgeführt.

§ 25.

Röhren aus Kupfer und Messing.

Die bei feinerer Ausführung zu Warmwasserleitungen vielfach benutzten Kupfer- oder Messingröhren werden entweder hart gelötet und über den Dorn gezogen (Röhren mit Naht), oder aus gegossenen Hohlcylindern durch Walzen

Fig. 140.

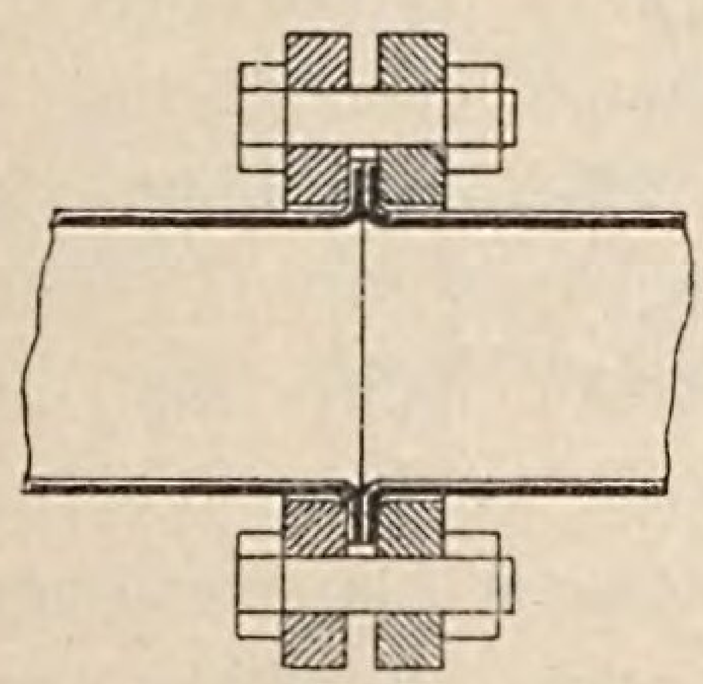


Fig. 141.

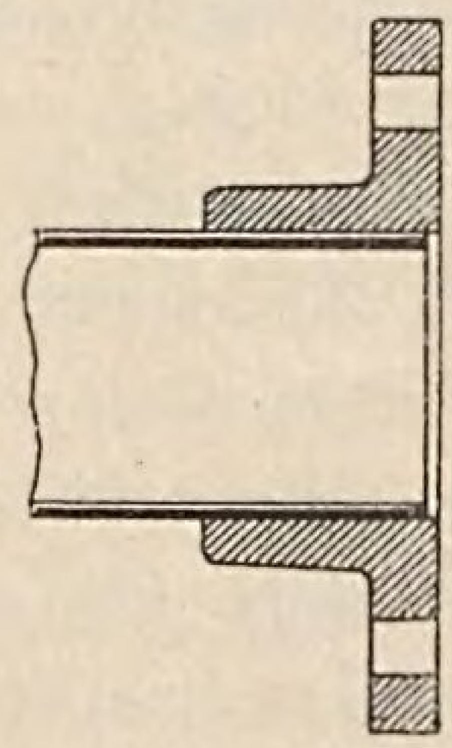
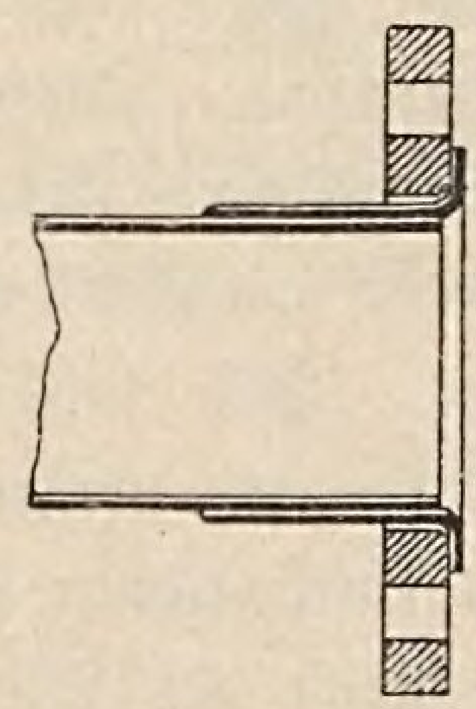


Fig. 142.



oder Ziehen hergestellt (Röhren ohne Naht). Sie sind in Längen bis zu etwa 4 m im Handel.

Bei den Längsverbindungen werden die Röhren an den Enden umgebörtelt und mit Hilfe von vorher aufgeschobenen schmiedeisernen Flantschen zusammengeschraubt (Fig. 140), oder es werden an den Rohrenden besondere aus Kupfer getriebene Borte, gegen die sich die Flantschen legen, aufgelötet (Fig. 141); auch findet man wohl Bronceflantschen direkt mit den Rohrenden verlötet (Fig. 142).

Andre gebräuchliche, durch Verschraubung bewirkte und leicht lösliche Verbindungen zeigen die Fig. 143 u. 144.

Fig. 143.

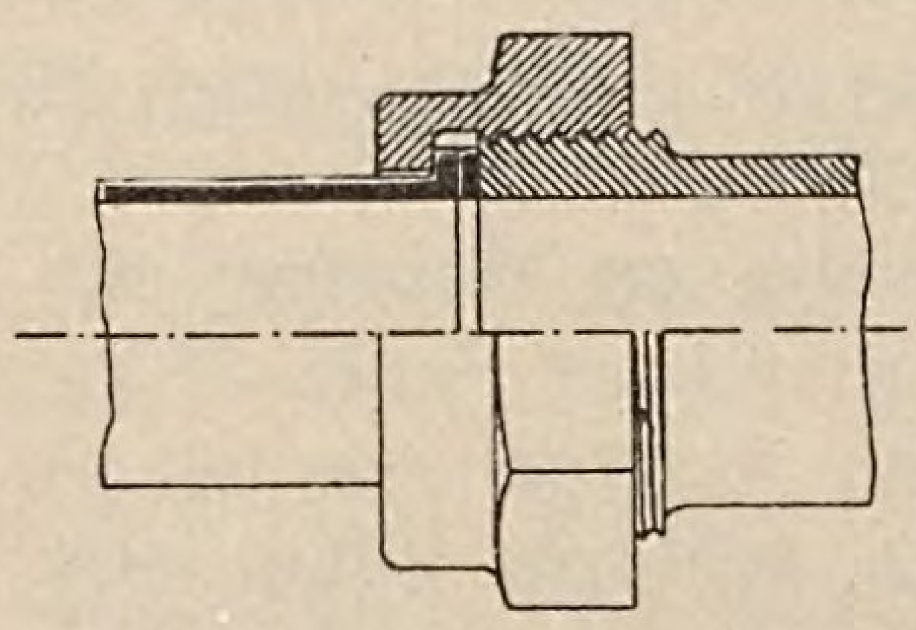
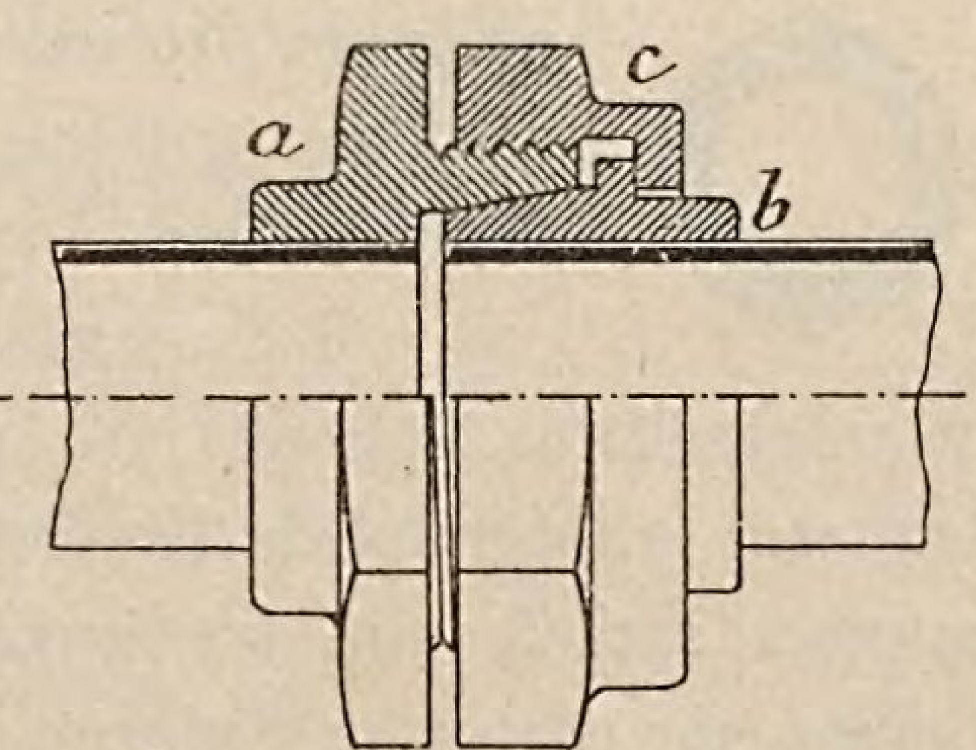


Fig. 144.



Die Anordnung (Fig. 143) ist namentlich geeignet zur Verbindung eines Kupferrohres mit einem Gewindestutzen. Die Dichtung wird dabei bewirkt durch einen Leder- oder Gummiring.

Bei der Rohrkupplung (Fig. 144) sind die Kupplungsteile a und b mit den Rohrenden verlötet. Durch Anziehen der Mutter c werden die genau

eingeschliffenen konischen Verschlußflächen der Teile a und b fest gegeneinander gepreßt und dadurch eine vollkommene aber (namentlich gegen Sand) sehr empfindliche Dichtung erzielt.

§ 26.

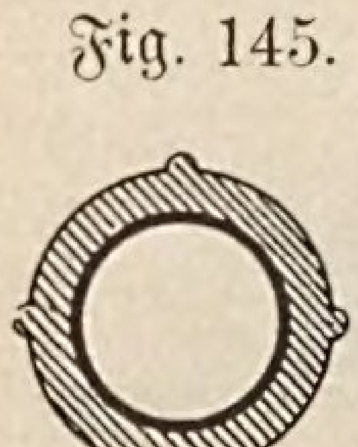
Die Bleiröhren und Zinnbleiröhren.

Verwendung.

Die Bleiröhren finden wegen der Leichtigkeit, mit der sie sich biegen und verlegen lassen, ohne daß dazu besondere Formstücke erforderlich sind, ausgedehnte Anwendung zu Zweigröhren bei Wasserleitungen. Der Umstand, daß durch Wasser, namentlich durch weiches und kohlensäurehaltiges Wasser die Bleiröhren mehr oder weniger angegriffen werden können, hat aber sanitäre Bedenken gegen die allgemeine Verwendung derselben zu Trinkwasserleitungen hervorgerufen. Diese Bedenken scheinen dann besonders gerechtfertigt, wenn die Leitung nur zeitweise unter Druck steht, also die Bleiröhren nicht beständig mit Wasser gefüllt sind, sondern abwechselnd mit Wasser und Luft in Berührung kommen. Bei solchem sog. intermittierendem Betriebe haben sich auch in Wirklichkeit an mehreren Orten Bleivergiftungen durch den Genuß des Trinkwassers konstatieren lassen. Dagegen scheint nach neueren Untersuchungen die Verwendung der Bleiröhren zu Trinkwasserleitungen nicht bedenklich, wenn die Leitung beständig unter Druck steht, also mit Wasser gefüllt bleibt (was in Deutschland bei Vorhandensein von Hochreservoiren fast durchweg der Fall ist), oder wenn bei etwa zeitweilig abgestellter Leitung, z. B. während der Nacht in kalter Winterszeit, das erste sich bei wieder geöffneter Leitung zeigende Wasser unbenutzt zum Abfluß kommt.

In sanitärer Beziehung ganz unbeanstandet sind solche Bleiröhren, die im Innern auf eine Stärke von ca. $^1/_2$ mm aus Zinn bestehen, da letzteres von Wasser gar nicht angegriffen wird. Diese sog. **Zinnbleiröhren** oder **Mantelröhren**, welche in neuerer Zeit mehr und mehr in Aufnahme kommen, unterscheiden sich äußerlich vielfach von den einfachen am Umfang glatten Bleiröhren durch erhöhte Riefen (Fig. 145).

Fig. 145.



Herstellung.

Die Herstellung der Bleiröhren und Zinnbleiröhren, welche in aufgerolltem Zustande als sog. **Ringe** von ca. 75 kg Gewicht in den Handel kommen, erfolgt durch Pressen. Während aber bei den Bleiröhren der Preßcylinder einfach mit der heißen Bleimasse gefüllt wird, ist bei den Zinnbleiröhren die vorherige Anfertigung eines Hohlcylinders, dessen Inneres aus Zinn besteht, erforderlich und den man dadurch erhält, daß man in einen hohlen Bleicylinder um einen eingesetzten Dorn Zinn so heiß eingießt, als zum Zusammenlöten mit dem Blei erforderlich ist.

Verbindungen.

Die gewöhnlichen (nicht löslichen) Verbindungen der Bleiröhren und Zinnbleiröhren unter sich und auch mit Rohrteilen von anderm Metall geschieht durch Lötung. Dabei wird das Ende des einen Rohres durch einen konischen

Dorn vorsichtig derart aufgeweitet, daß das außen konisch etwas zugeschärfte Ende des andern Rohres etwa 1 cm tief eingeschoben werden kann. Die Fuge wird mit leichtflüssigem Lot ausgefüllt (Fig. 146).

Fig. 146.

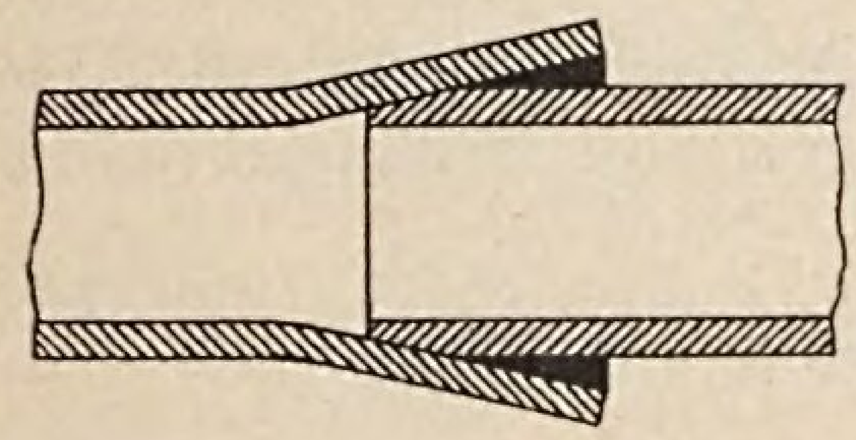


Fig. 147.

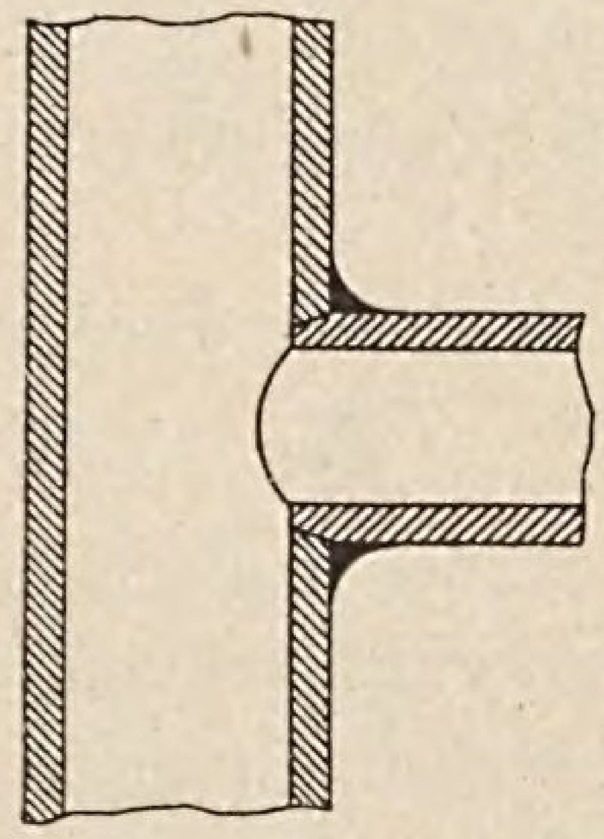
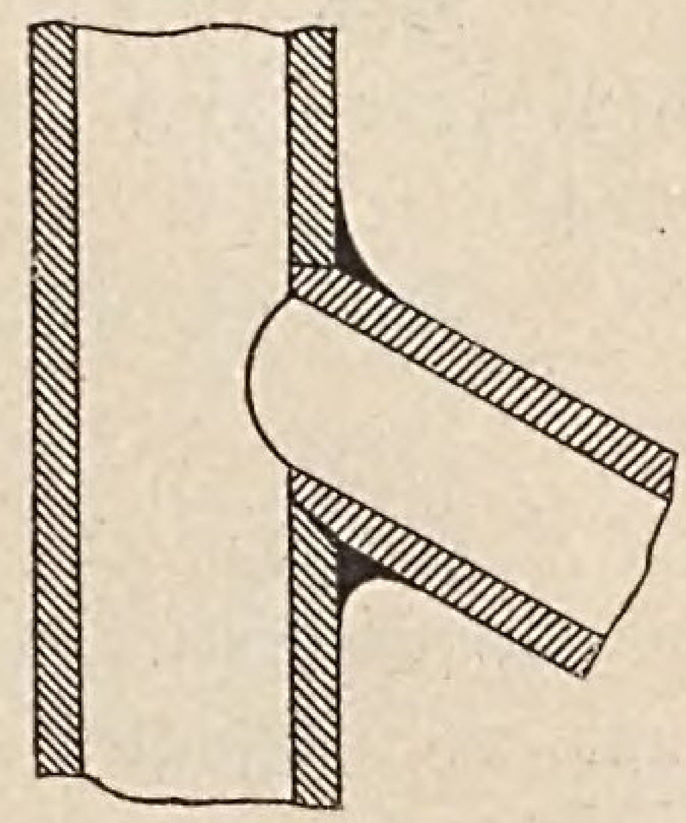


Fig. 148.



Bei Abzweigungen, mögen dieselben rechtwinklig oder schräg gerichtet sein, wird in das Hauptrohr eine konische Oeffnung eingebohrt, die gerade groß genug ist, das konisch zugespitzte Ende des Abzweigrohres einschieben zu können (Fig. 147 und 148). Die Dichtung der Fuge geschieht ebenfalls durch Lot.

Abschnitt V.

Statische Berechnung der tragenden (horizontalen) und stützenden (vertikalen) Konstruktionsteile.

§ 27.

Trägheitsmomente und Widerstandsmomente.

Bei einem auf Biegung beanspruchten stabförmigen Körper ist:*)

$$\mathfrak{M} = \frac{k}{e} \Sigma(f y^2).$$

Darin bedeutet:

$\mathfrak{M}$ das Moment der äußeren Kräfte,

k die zulässige Beanspruchung des Materiales,

e den Abstand der äußersten Faser von der neutralen Faser,

$\Sigma(f y^2)$ nennt man das Trägheitsmoment der Querschnittsfläche.

Das Trägheitsmoment ist die Summe aller Flächenteilchen, multipliziert mit dem Quadrate ihrer Abstände von der Drehachse. Trägheitsmoment.

---

*) Vergl. Lauenstein: „Festigkeitslehre", § 3, Widerstand gegen Biegung.

Bezeichnet man dieselbe durch J, so wird:

$$\mathfrak{M} = \frac{k}{e} J = k \frac{J}{e}.$$

Den Ausdruck $\frac{J}{e}$ nennt man das Widerstandsmoment W.

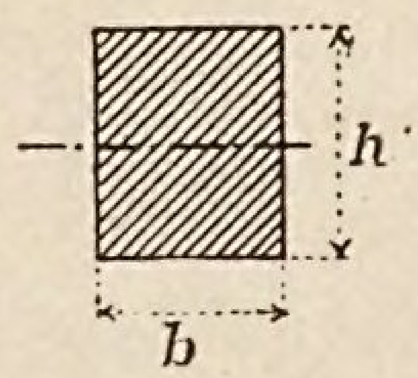
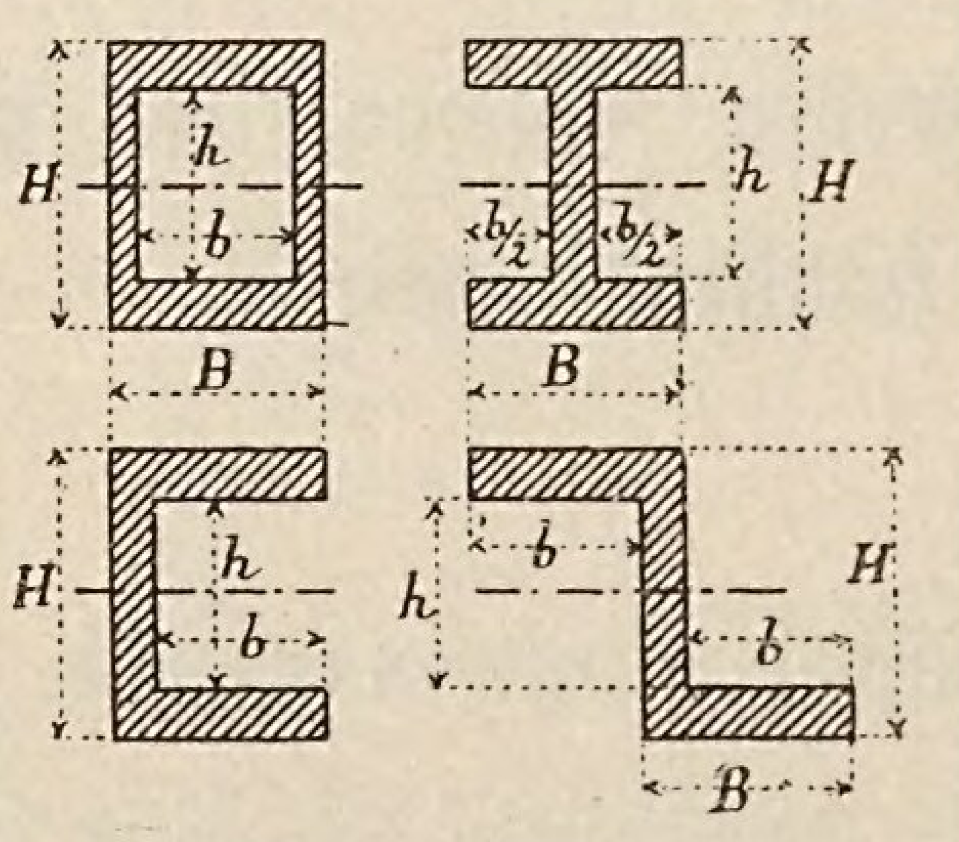
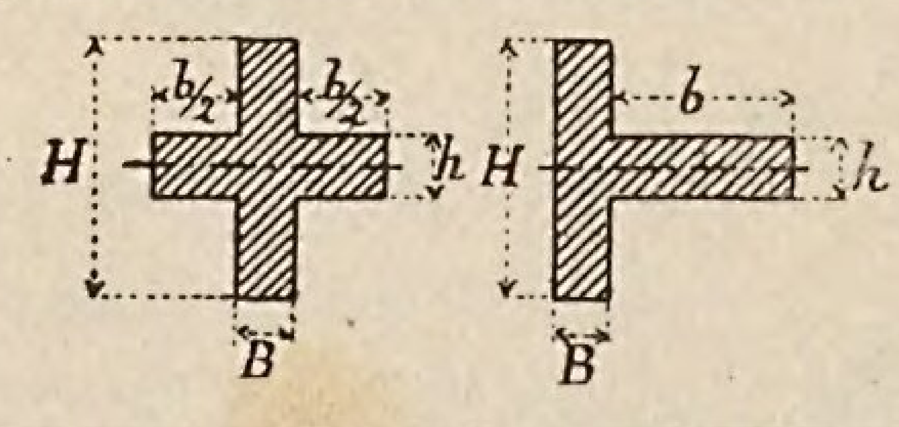
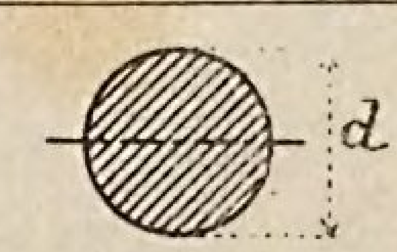
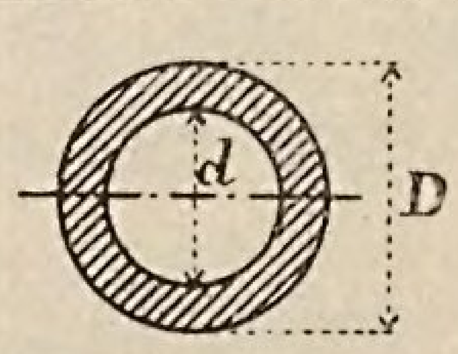
Widerstands-moment.

Das Widerstandsmoment ist gleich dem Trägheitsmomente, dividiert durch den Abstand der äußersten Faser von der neutralen Faser.

Danach erscheint die allgemeine Biegungsgleichung unter der Form:

$$\mathfrak{M} = k\,W \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad 22)$$

Für die Trägheitsmomente und Widerstandsmomente ergeben sich bei den verschiedenen Querschnittsformen bestimmte Werte, welche für die wichtigsten und am häufigsten vorkommenden einfachen Querschnitte in Bezug auf die Schwerachse in folgender Tabelle zusammengestellt sind:

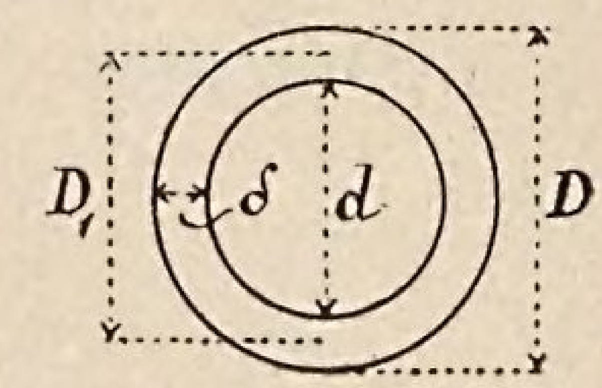
Nr.	Querschnittsform	Trägheitsmoment J	Widerstandsmoment W
1		$\frac{b h^3}{12}$	$\frac{b h^2}{6}$
2		$\frac{B H^3 - b h^3}{12}$	$\frac{B H^3 - b h^3}{6 H}$
3		$\frac{B H^3 + b h^3}{12}$	$\frac{B H^3 + b h^3}{6 H}$
4		$\frac{d^4 \pi}{64}$	$\frac{d^3 \pi}{32}$
5		$\frac{(D^4 - d^4) \pi}{64}$	$\frac{(D^4 - d^4) \pi}{32 D}$

Bei dem ringförmigen Querschnitt Nr. 5 kann man häufig, wenn keine Tabellen zur Hand sind, mit Nutzen von der Annäherungsformel Gebrauch machen:

$$\mathbf{J = 0{,}4\,D_1{}^3\,\delta} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 23)$$

worin nach Fig. 149: δ die Wandstärke und D_1 den mittleren Durchmesser bedeutet.

Fig. 149.



Zur Bestimmung von D_1 wird man dabei für δ einen passenden Mittelwert annehmen.

Beispiel. Für $J = 3900$ und $\delta = 2$ cm wird nach Gl. 23):

$$D_1 = \sqrt[3]{\frac{J}{0{,}4\,\delta}} = \sqrt[3]{\frac{3900}{0{,}4 \cdot 2}} = \sqrt[3]{4875} = \backsim 17 \text{ cm}$$

folglich:

$$D = D_1 + \delta = 17 + 2 = 19 \text{ cm}$$
$$d = D_1 - \delta = 17 - 2 = 15 \text{ cm}$$

Genau würde dann nach Nr. 5 der Tabelle sein:

$$J = \frac{(19^4 - 15^4)\,3{,}14}{64} = 3910.$$

Obgleich bei Berechnung der Konstruktionsteile im allgemeinen nur die Trägheitsmomente in Bezug auf die Schwerachse in Betracht kommen, so kann in manchen Fällen, namentlich dann, wenn es sich um unsymmetrische Querschnitte handelt, doch die Ermittelung des Trägheitsmomentes in Bezug auf eine der Schwerachse parallele andere Achse wünschenswert sein.

Bedeutet:

J das Trägheitsmoment in Bezug auf die Schwerachse,
J_0 das Trägheitsmoment in Bezug auf eine der Schwerachse parallele Achse,
F die ganze Querschnittsfläche,
x_0 den Abstand der beiden Achsen,

so ist:

$$\mathbf{J_0 = J + F \cdot x_0{}^2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 24)$$

oder in Worten: Das Trägheitsmoment in Bezug auf eine der Schwerachse parallele Achse ist gleich dem Trägheitsmoment in Bezug auf die Schwerachse plus dem Produkte aus der ganzen Fläche und dem Quadrate des Abstandes der beiden Achsen.

Beispiel. Für ein Rechteck von der Breite b und der Höhe h ist:

$$J = \frac{bh^3}{12}; \quad F = bh$$

In Bezug auf eine durch die obere oder untere Kante des Rechteckes gelegte Achse 0 ist:

$$x_0 = \frac{h}{2}$$

folglich nach Gl. 24):

$$J_0 = \frac{bh^3}{12} + bh\left(\frac{h}{2}\right)^2 = \frac{bh^3}{3}$$

Bei unsymmetrischen Querschnitten ist zur Bestimmung des Abstandes der Achsen der Satz anzuwenden:

Das statische Moment der ganzen Fläche ist gleich der Summe der statischen Momente der einzelnen Flächenteile in Bezug auf eine beliebige Achse.

$$\mathbf{F\,x_0 = f_1\,x_1 + f_2\,x_2 \ldots} \qquad 25)$$

Beispiel. Für ein Winkeleisen $10 \times 10 \times 1$ (Fig. 150) ist:

$$F = 10 \,.\, 1 + 9 \,.\, 1 = 19 \text{ qcm}$$

$$f_1 = 10 \text{ qcm}; \quad f_2 = 9 \text{ qcm}$$

Fig. 151.

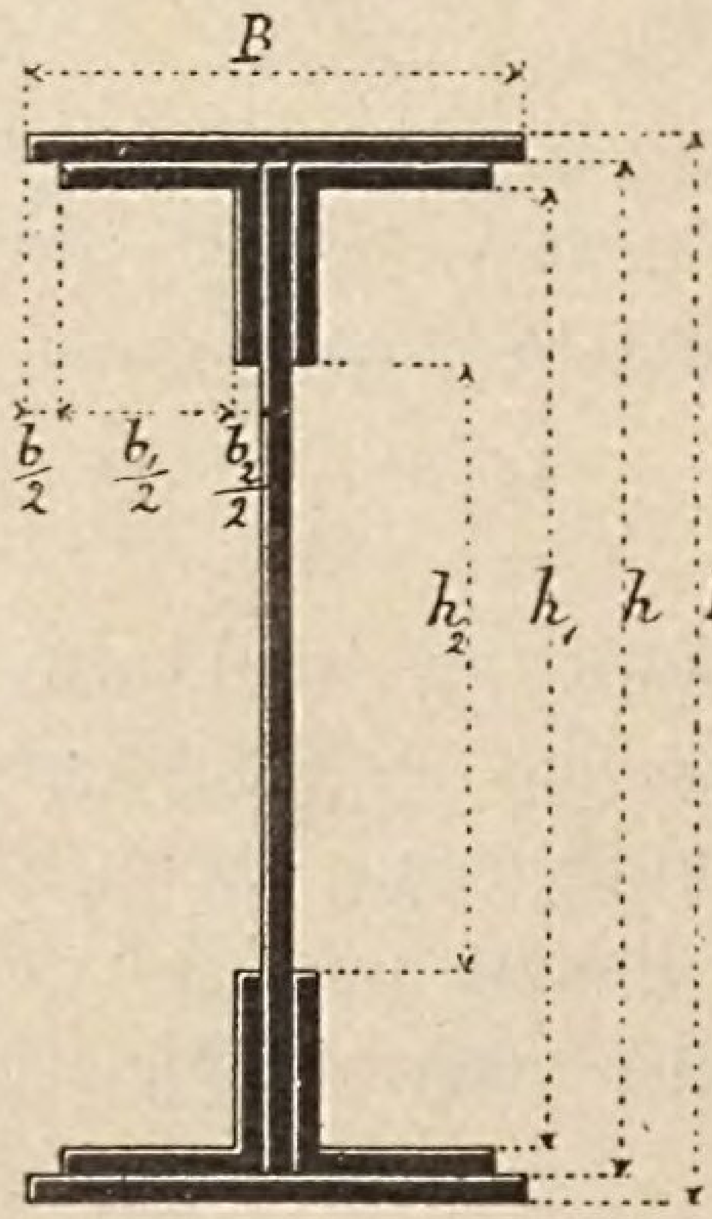


Fig. 152.

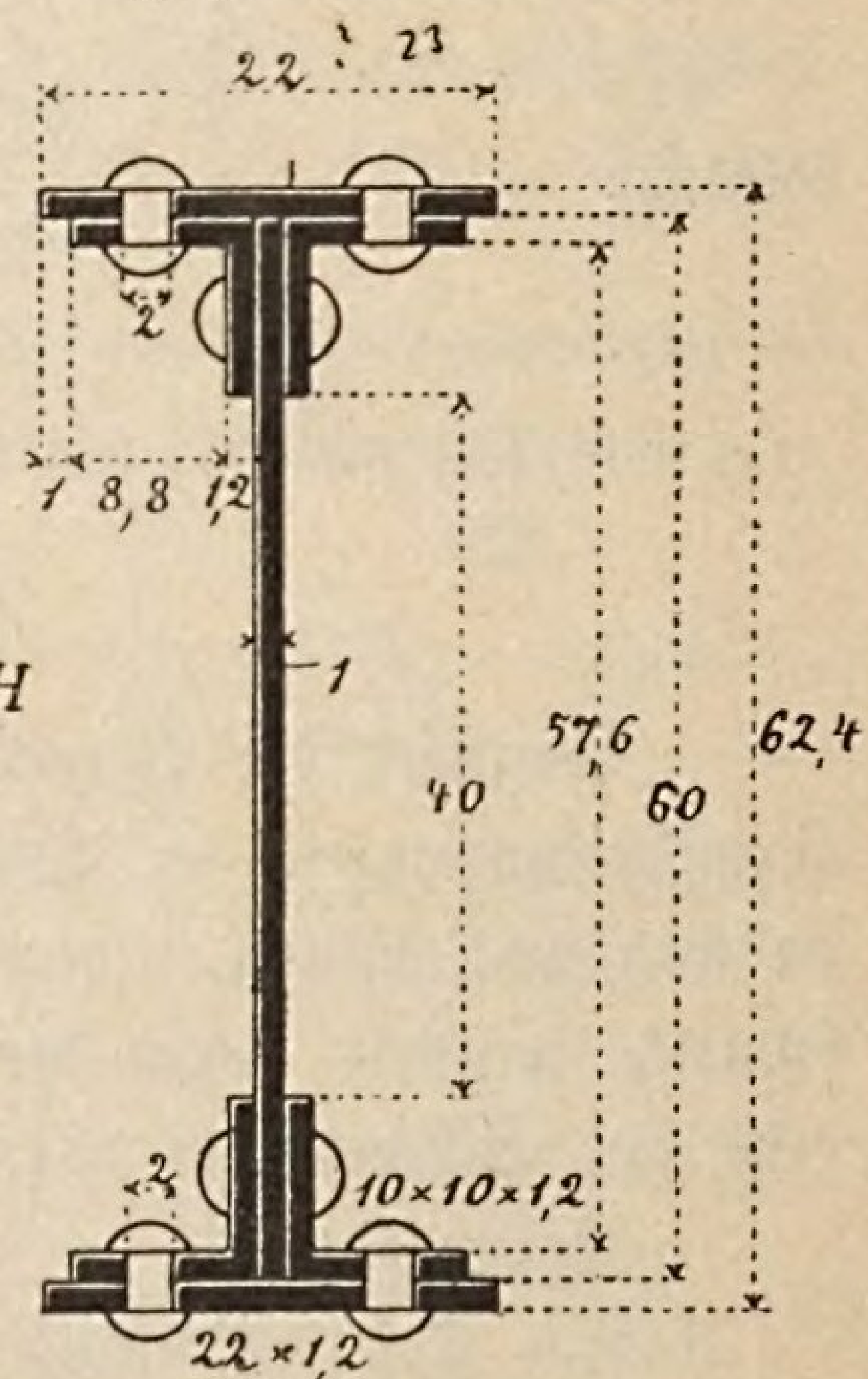
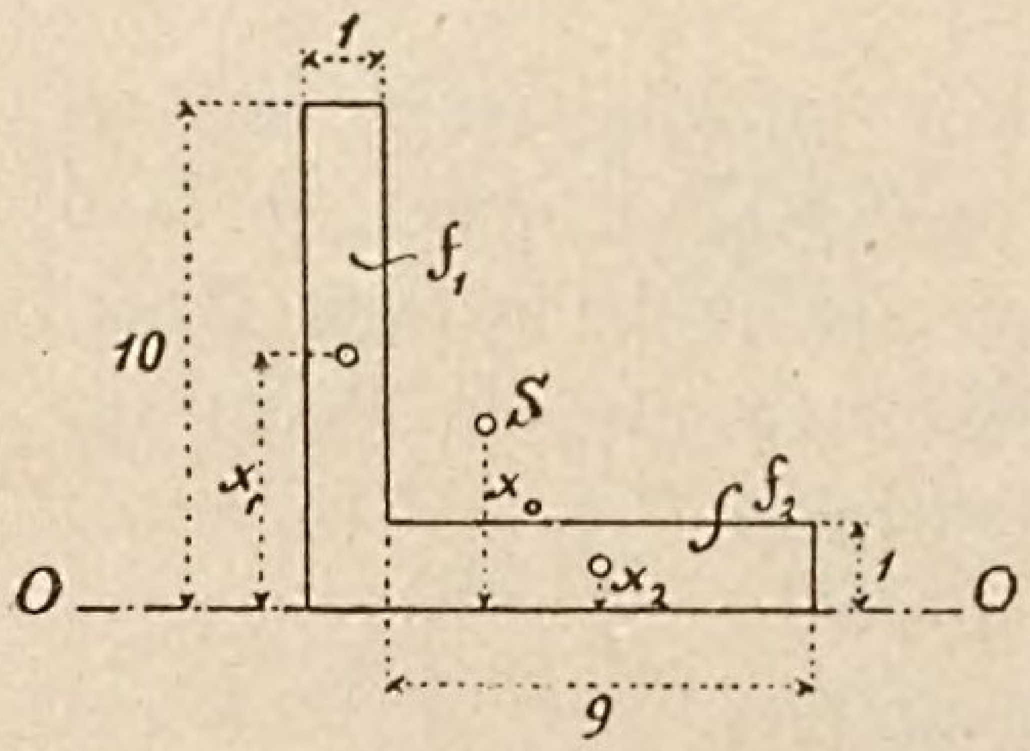


Fig. 105.



und in Bezug auf die durch die äußere Kante gelegte Achse 0:

$$x_1 = 5 \text{ cm}; \quad x_2 = 0{,}5 \text{ cm}$$

folglich nach Gl. 25):

$$x_0 = \frac{10 \,.\, 5 + 9 \,.\, 0{,}5}{19} = 2{,}87 \text{ cm}$$

Das Trägheitsmoment in Bezug auf die Achse 0 ist:

$$J_0 = \frac{1 \,.\, 10^3}{3} + \frac{9 \,.\, 1^3}{3} = 336^1/_3$$

Daher nach Gl. 24) das Trägheitsmoment in Bezug auf die Schwerachse:

$$J = J_0 - F x_0^2 = 336^1/_3 - 19 \,.\, 2{,}87^2 = 180.$$

Bei den zusammengesetzten Querschnitten der genieteten Träger (Fig. 151) ergibt sich, indem man die ganze Figur als Differenz von Rechtecken betrachtet, für das Trägheitsmoment der Ausdruck:

$$\mathbf{J = \frac{B H^3 - b h^3 - b_1 h_1^3 - b_2 h_2^3}{12}} \qquad 26)$$

Z. B. wird für den Querschnitt Fig. 152 mit Berücksichtigung der Schwächung durch die Nietlöcher:

$$J = \frac{(22 - 2 . 2) . 62{,}4^3 - 2 . 1 . 60^3 - 2 (8{,}8 - 2) . 57{,}6^3 - 2 . 1{,}2 . 40^3}{12}$$

$$J = \frac{18 . 62{,}4^3 - 2 . 60^3 - 13{,}6 . 57{,}6^3 - 2{,}4 . 40^3}{12} = 99073$$

$$W = \frac{99073}{31{,}2} = 3175.$$

Zur vorläufigen Bestimmung des Querschnittes genieteter Träger liefert die Annäherungsformel:

$$\mathbf{W} = \mathbf{h}_0 \left(\mathbf{F} + \frac{1}{6} \mathbf{F}_1\right) \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad 27)$$

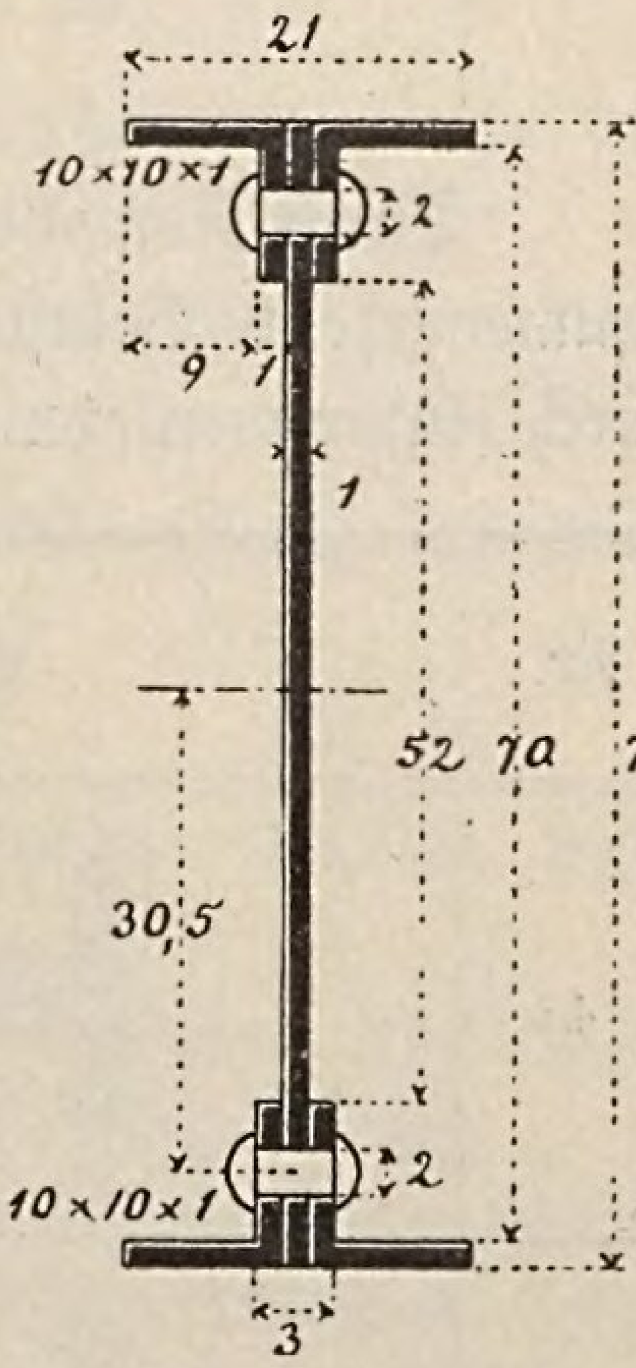
recht brauchbare Resultate. Darin bedeutet:

W das Widerstandsmoment des ganzen Querschnittes,
h_0 den Abstand der Schwerpunkte der Gurtungen,
F die gesuchte Fläche einer Gurtung,
F_1 die Querschnittsfläche des Stehbleches.

Beispiel. Das erforderliche Widerstandsmoment eines Trägerquerschnittes sei W = 2900, die Trägerhöhe h = 72 cm, danach schätzungsweise $h_0 = 66$ cm. Bei einer Stärke des Stehbleches von 1 cm wird $F_1 = 66$ qcm, daher nach Gl. 27):

$$2900 = 66 \left(F + \frac{1}{6} \cdot 66\right)$$

Fig. 153.



woraus folgt:

$$F = \frac{2900}{66} - 11 = 33 \text{ qcm}$$

Jeder Winkel erfordert danach den Nutzquerschnitt $\frac{F}{2} = 16{,}5$ und bei Nieten von 2 cm Durchmesser den Totalquerschnitt:

$$f = 16{,}5 + 2 . 1 = 18{,}5 \text{ qcm}$$

Gewählt wird der Winkel $10 \times 10 \times 1$ mit f = 19 qcm. Für diesen Querschnitt (Fig. 153) ergibt sich genau (vergl. Gl. 26):

$$J = \frac{21 . 72^3 - 18 . 70^3 - 2 . 52^3}{12} - \underbrace{2 . 6 . 30{,}5}_{\text{Nietabzug}} = 104086$$

folglich:

$$W = \frac{104086}{36} = 2891.$$

§ 28.

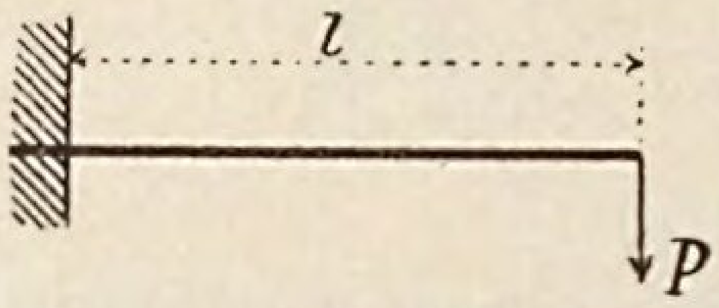
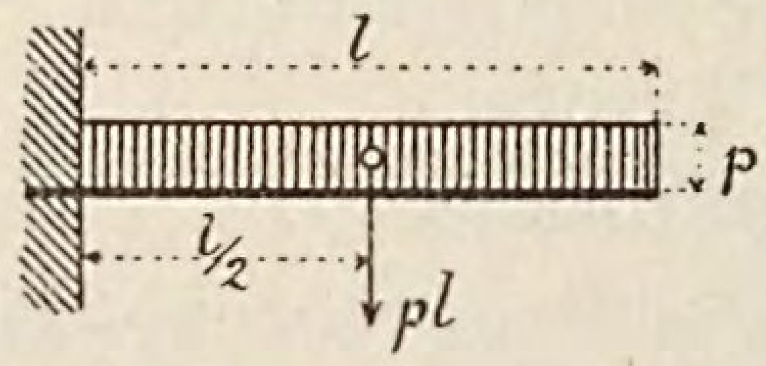
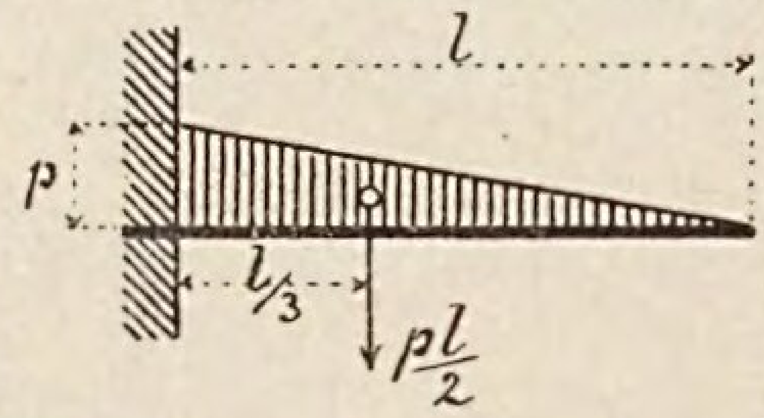
Die an einem Ende eingespannten Träger (Freiträger).

Die Freiträger dienen zur Unterstützung vorspringender Bauteile, z. B. der Balkone und Erker.

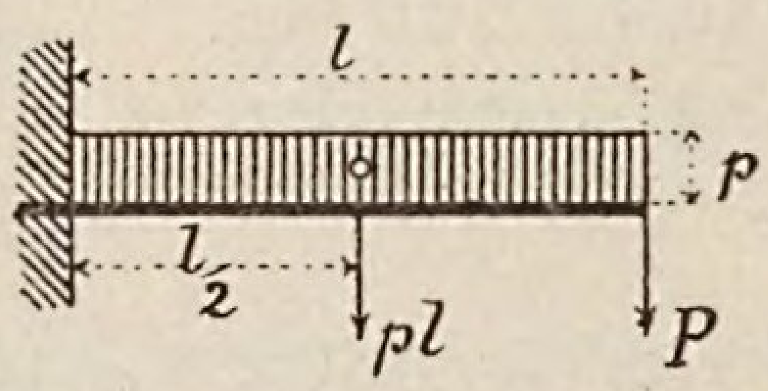
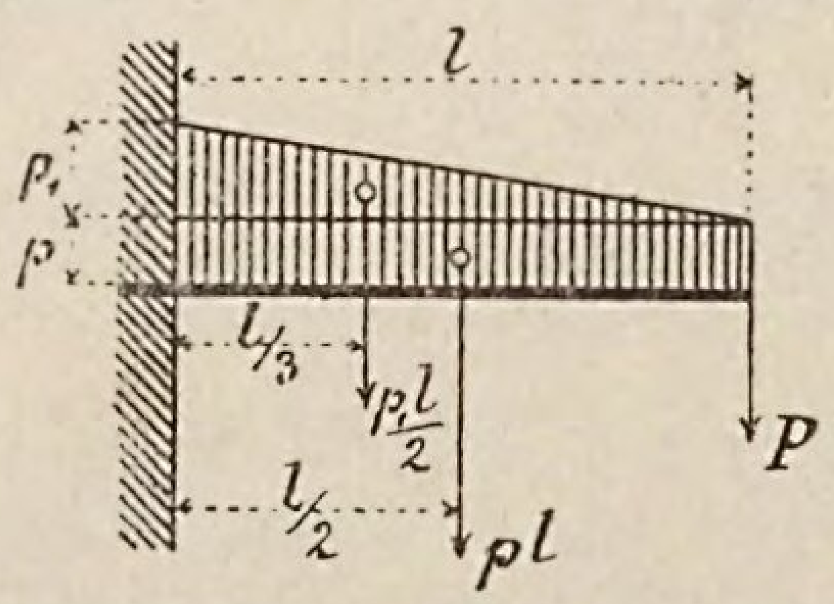
Der für die Berechnung derselben maßgebende gefährliche Querschnitt

liegt an der Einspannungsstelle, da für diese Stelle das Lastmoment am größten ist.

Bei den am häufigsten vorkommenden Belastungsfällen ergeben sich für das Moment an der Einspannungsstelle die folgenden Werte:

Nr.	Belastungsfall	Größtes Moment
1		$\mathfrak{M} = \mathrm{P\,l}$
2		$\mathfrak{M} = \mathrm{p\,l} \cdot \frac{\mathrm{l}}{2}$
3		$\mathfrak{M} = \frac{\mathrm{p\,l}}{2} \cdot \frac{1}{3}$

Durch Kombinierung dieser einfachen Belastungsfälle können weitere zusammengesetzte Belastungsfälle direkt abgeleitet werden; z. B. ergibt sich Nr. 4 durch Zusammensetzung von 1 und 2, Nr. 5 durch Zusammensetzung von 1, 2, 3.

Nr.	Belastungsfall	Größtes Moment
4		$\mathfrak{M} = \mathrm{P\,l} + \mathrm{p\,l} \cdot \frac{1}{2}$
5		$\mathfrak{M} = \mathrm{P\,l} + \mathrm{p\,l} \cdot \frac{1}{2} + \frac{\mathrm{p_1\,l}}{2} \cdot \frac{1}{3}$

Das erforderliche Widerstandsmoment des Trägerquerschnittes ist nach Gl. 22, S. 62:

$$\mathbf{W} = \frac{\mathfrak{M}}{\mathbf{k}} \qquad \text{. . . . . 28)}$$

worin für $\mathfrak{M}$ je nach dem Belastungsfalle die obigen in der Tabelle enthaltenen Werte einzusetzen sind, und k die zulässige Beanspruchung des Materiales bedeutet.

Beispiel 1. Ein Balkon von l = 1,1 m Ausladung soll durch 1,2 m auseinander liegende I-Eisen unterstützt werden.

Die vom Eigengewicht der Konstruktion herrührende gleichförmig verteilte Belastung sei = 384 kg pro Quadratmeter, die zufällige Belastung (Menschengedränge) = 400 kg pro Quadratmeter. Das Gewicht der Brüstung betrage 360 kg pro Meter Länge.

Jeder der Mittelträger ist dann belastet (nach Nr. 4 der Tabelle) mit:

$$p\,l = 1{,}1\,.\,1{,}2\,(384 + 400) = 1035 \text{ kg}$$

und

$$P = 1{,}2\,.\,360 = 432 \text{ kg}$$

folglich wird:

$$\mathfrak{M} = 432\,.\,110 + 1035 \cdot \frac{110}{2} = 104\,445 \text{ kgcm}$$

und bei k = 750 kg (nach Gl. 28):

$$W = \frac{104445}{750} = 139$$

Danach ist erforderlich ein I-Eisen Nr. 17

Jeder der beiden Seitenträger ist belastet mit:

$$p\,l = 1{,}1\,.\,0{,}6\,(384 + 400) + 1{,}1\,.\,360 = 913{,}5 \text{ kg}$$

und

$$P = 0{,}6\,.\,360 = 216 \text{ kg}$$

Daher

$$\mathfrak{M} = 216\,.\,110 + 913{,}5\,.\,\frac{110}{2} = 74003 \text{ kgcm}$$

$$W = \frac{74003}{750} = 99$$

Hiernach würde ein I-Eisen Nr. 15 genügen; aus praktischen Gründen wird man aber auch für die Seitenträger ein Eisen Nr. 17 wählen.

Beispiel 2. Die Wangenmauern einer Freitreppe von 1,5 m Ausladung und 1,3 m lichter Weite sollen durch Konsolträger (I-Eisen) unterstützt werden.

Die totale Belastung setzt sich zusammen aus dem Eigengewicht der Wangenmauer, der Belastung durch das Gewicht der Stufen, der zufälligen Belastung durch Menschengedränge (400 kg pro Quadratmeter) und der Belastung durch den Geländerpfeiler, für welche sich folgende Werte ergeben haben:

1. Eigengewicht des oberen Teiles der Wangenmauer (Dreiecksbelastung nach Nr. 3 der Tabelle): $\frac{p_1 l}{2} = 324$ kg.
2. Eigengewicht des unteren Teiles der Wangenmauer = 450 kg.
3. Belastung durch die Stufen = 620 kg.
4. Belastung durch Menschengedränge = 390 kg.
5. Belastung durch den Geländerpfeiler P = 135 kg.

Die Belastungen 2, 3, 4 (zusammen $p\,l = 450 + 620 + 390 = 1460$ kg) sind gleichförmig über die ganze Länge der Träger verteilt.

Nach Nr. 5 der Tabelle (S. 66) wird dann:

$$\mathfrak{M} = 135 \,.\, 150 + 1460 \cdot \frac{150}{2} + 324 \cdot \frac{150}{3} = 146250 \text{ kgcm}$$

folglich:

$$W = \frac{146250}{750} = 195$$

Gewählt werden zwei I-Eisen Nr. 15 mit je W = 99.

§ 29.

Die Einmauerung der Freiträger.

Die Lagerung der Freiträger in der Mauer muß so beschaffen sein, daß das Mauerwerk an den äußeren Kanten der Lagerstelle nicht über die zulässige Grenze beansprucht wird. Die Druckverteilung findet in der aus Fig. 154 ersichtlichen Weise statt.

Bedeutet: $\mathfrak{M}$ das Einspannungsmoment (Tabelle S. 66),
A die gesamte Belastung des Trägers,
d die Tiefe der Einmauerung, die gewöhnlich gleich der Mauerstärke angenommen wird,

so kann man annähernd setzen:

$$d_1 = d\left(\frac{1}{2} + \frac{d\,A}{14\,\mathfrak{M}}\right) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 29)$$

Fig. 154.

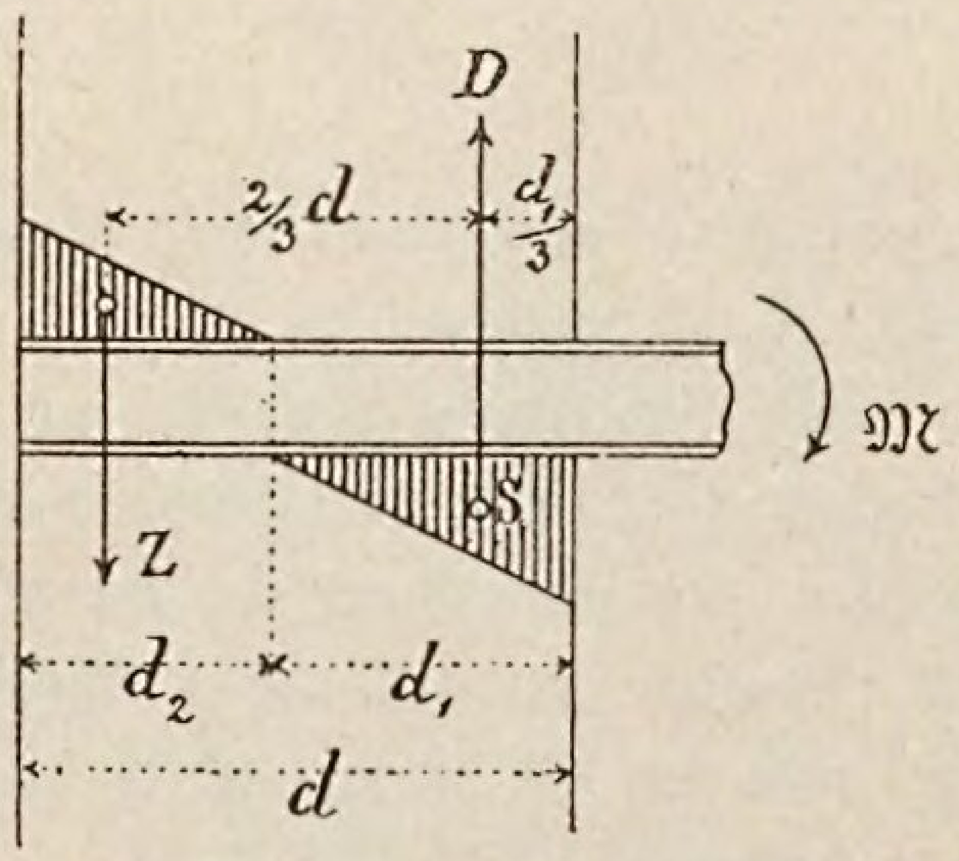
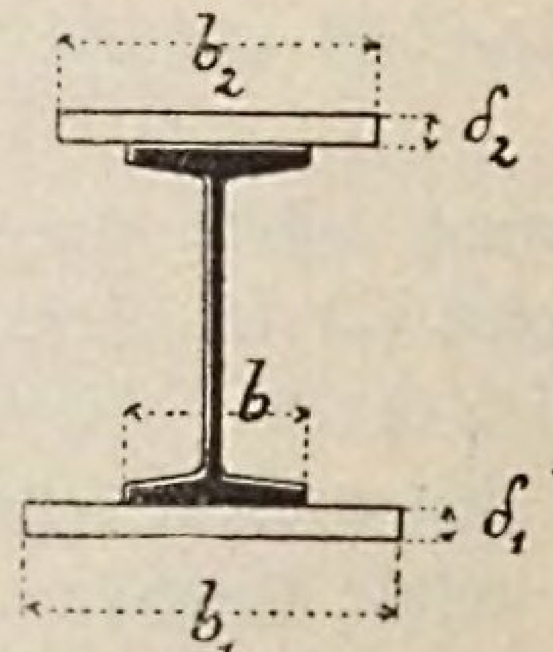


Fig. 155.



Hiernach läßt sich das Moment $\mathfrak{M}_s$ in Bezug auf den Schwerpunkt S der äußeren Druckfläche berechnen (Entfernung des Punktes S von der nächstliegenden Mauerkante $= \frac{d_1}{3}$), und man erhält sodann für die Kräfte Z und D die Größen:

$$Z = \frac{3\,\mathfrak{M}_s}{2\,d} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 30)$$

$$D = Z + A \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 31)$$

Werden (was sehr zu empfehlen ist) gußeiserne Unterlagsplatten verwandt, so ergeben sich die erforderlichen Breiten derselben (Fig. 155) zu:

$$b_1 = \frac{2\,D}{k\,d_1}; \qquad b_2 = \frac{2\,Z}{k\,(d - d_1)} \quad . \; . \; . \; . \; . \quad 32)$$

worin für k die zulässige Beanspruchung des Steinmaterials einzusetzen ist. (Vergl. § 32, S. 79.)

Bei der Flantschbreite b des Trägers wird die Stärke der Unterlagsplatten:

$$\delta_1 = \frac{b_1 - b}{18}\sqrt{k}; \qquad \delta_2 = \frac{b_2 - b}{18}\sqrt{k} \quad . \; . \; . \quad 33)$$

Man nehme jedoch δ mindestens $= 1{,}3$ cm, im Falle die Gleichung 33 kleinere Werte ergeben sollte.

Das zur Wirkung kommende Gewicht des auf dem eingemauerten Teile des Trägers ruhenden Mauerwerkes muß mindestens gleich der Kraft Z (Gl. 30) sein. Dies ist erfahrungsmäßig der Fall, wenn die als massiv gedachte Mauer von der Stärke d über dem Träger noch die Höhe hat:

$$h = 1000\sqrt{\frac{2\,Z}{\gamma\,d}} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad 34)$$

wobei γ das Gewicht eines cbm Mauerwerk bedeutet.

Ist die wirklich vorhandene Höhe des Mauerwerkes nur h_1 ($< h$), so hat man am Ende des Trägers einen nach unten geführten Zuganker anzubringen von der Länge:

$$h_2 = h - h_1 \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad 35)$$

Beispiel. Für den auf S. 67 (Beispiel 1) berechneten mittleren Balkonträger ist:

$$A = P + p\,l = 432 + 1035 = 1467 \text{ kg}$$

$$\mathfrak{M} = 104445 \text{ kgcm.}$$

Bei einer Mauerstärke von $d = 64$ cm wird dann nach Gl. 29):

$$d_1 = 64\left(\frac{1}{2} + \frac{64 \,.\, 1467}{14 \,.\, 104445}\right) = 36 \text{ cm}$$

folglich:

$$d_2 = d - d_1 = 64 - 36 = 28 \text{ cm}$$

und

$$\mathfrak{M}_s = P\left(l + \frac{1}{3}\,d_1\right) + p\,l\left(\frac{l}{2} + \frac{1}{3}\,d_1\right)$$

$$\mathfrak{M}_s = 432\,(110 + 12) + 1035\left(\frac{110}{2} + 12\right) = 122049 \text{ kgcm}$$

Nach Gl. 30) und 31) ergeben sich dann für Z und D die Werte:

$$Z = \frac{3 \,.\, 122049}{2 \,.\, 64} = 2861 \text{ kg}$$

$$D = 2861 + 1467 = 4328 \text{ kg}$$

Für gewöhnliches Backsteinmauerwerk (k = 7 kg) erhält man nach Gl. 32) die Breiten der Unterlagsplatten zu:

$$b_1 = \frac{2 \,.\, 4328}{7 \,.\, 36} = \backsim 34 \text{ cm}$$

$$b_2 = \frac{2 \,.\, 2861}{7\,(64 - 36)} = \backsim 29 \text{ cm}$$

Da für den S. 67 berechneten Träger Nr. 17 die Flantschbreite b = 7,8 cm beträgt, so sind nach Gl. 33) die Platten in den Stärken auszuführen:

$$\delta_1 = \frac{34 - 7{,}8}{18} \sqrt{7} = \backsim 3{,}9 \text{ cm}$$

$$\delta_2 = \frac{29 - 7{,}8}{18} \sqrt{7} = \backsim 3{,}1 \text{ cm}$$

Bringt man oberhalb und unterhalb des Trägers Granitquader (k = 40 kg) an, so sind eiserne Unterlagsplatten entbehrlich.

Das über dem Träger befindliche Mauerwerk soll (bei γ = 1600 kg) nach Gl. 34) mindestens die Höhe haben:

$$h = 1000 \sqrt{\frac{2 \,.\, 2861}{64 \,.\, 1600}} = 237 \text{cm}$$

§ 30.

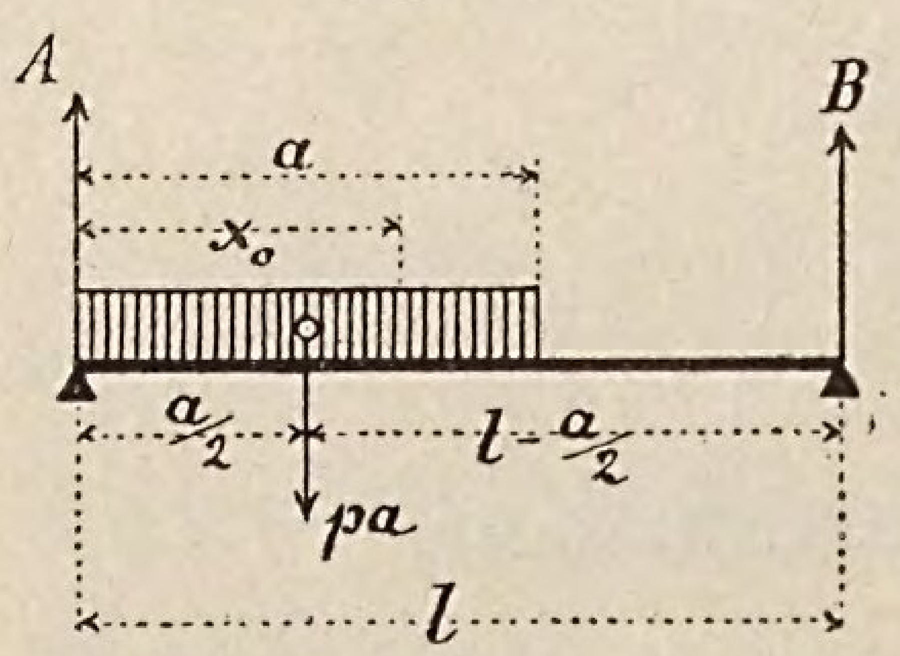
Die Träger auf zwei Endstützen.

Zur Berechnung dieser Träger, die im Hochbau die weitaus wichtigste Rolle spielen, ermittele man zunächst die Stützendrücke, darauf die Lage des gefährlichen Querschnittes, welche sich aus der Bedingung ergibt, daß hier die Vertikalkraft = Null ist. Man bestimme sodann für diese Stelle das Moment (Maximalmoment) und schließlich nach Gl. 28, S. 66, das erforderliche Widerstandsmoment des Trägerquerschnittes.

Für die Stützendrücke gilt die Regel:

Der Druck auf die eine Stütze ist gleich der Last, multipliziert mit dem Abstande der Last von der andern Stütze, und dividiert durch die ganze Trägerlänge.

Fig. 156.



Dabei denkt man sich eine gleichförmig verteilte Belastung ersetzt durch eine ebenso große Einzellast, deren Angriffspunkt im Schwerpunkte der Belastungsfläche liegt.

Der gefährliche Querschnitt liegt bei Einzellasten in einem Lastpunkte, bei gleichförmig verteilter, sich über die ganze Länge des Trägers erstreckender Belastung, in der Mitte des Trägers. Bei allen andern unsymmetrischen Belastungsfällen ist die Lage des gefährlichen Querschnittes besonders zu ermitteln.

Für die in Fig. 156 dargestellte Belastung ist: Gleichförmig verteilte Streckenlast.

$$A = \frac{pa\left(l - \frac{a}{2}\right)}{l} = pa - \frac{pa^2}{2l}$$

$$B = pa - A = \frac{pa^2}{2l}$$

Für den gefährlichen Querschnitt in der Entfernung x_0 von der Stütze A ist die Vertikalkraft = Null, mithin:

$$A - px_0 = 0$$

Daraus:

$$x_0 = \frac{A}{p}$$

folglich:

$$\mathfrak{M} = Ax_0 - \frac{px_0^2}{2} = \frac{A^2}{2p}$$

Wird $a = l$, d. h. erstreckt sich die gleichförmig verteilte Belastung über die ganze Länge des Trägers, so werden die Stützendrücke: Gleichförmig verteilte volle Belastung.

$$\mathbf{A = B = \frac{pl}{2}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad 36)$$

und das größte Moment in der Mitte des Trägers:

$$\mathfrak{M} = \mathbf{pl \cdot \frac{l}{8}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad 37)$$

Das Maximalmoment bei dem auf seiner ganzen Länge gleichmäßig belasteten Träger ist gleich der ganzen Belastung, multipliziert mit dem achten Teil der Trägerlänge.

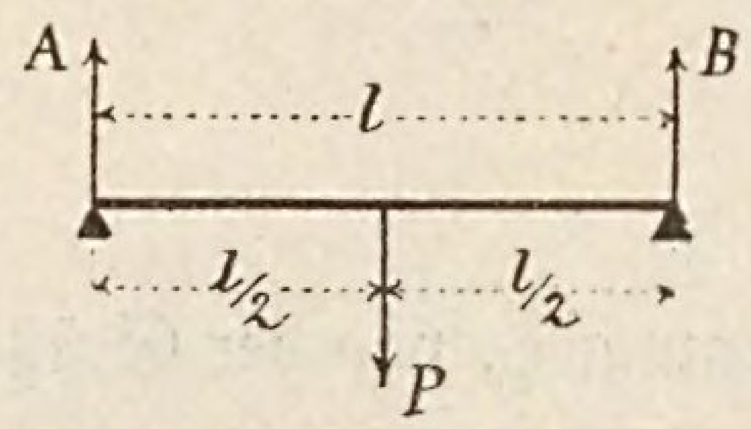
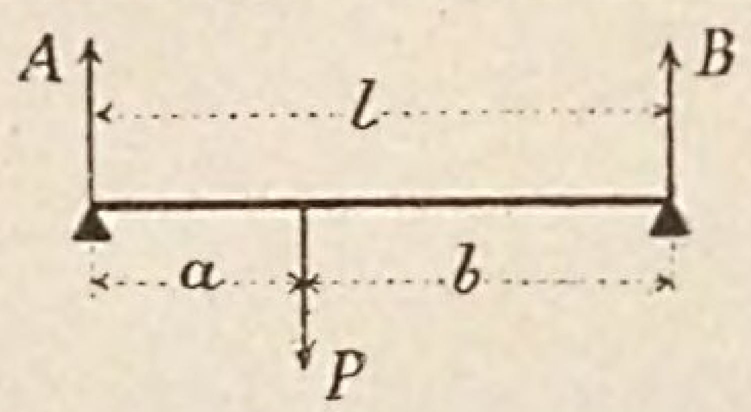
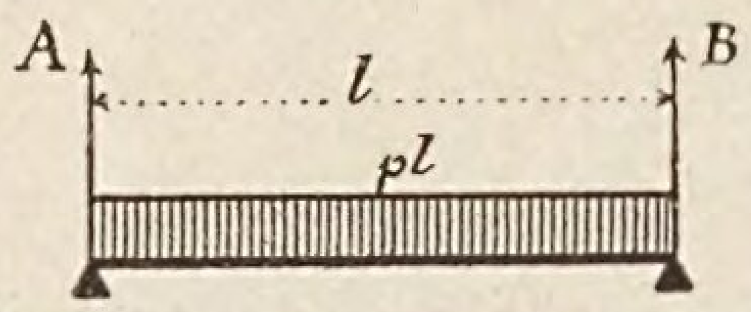
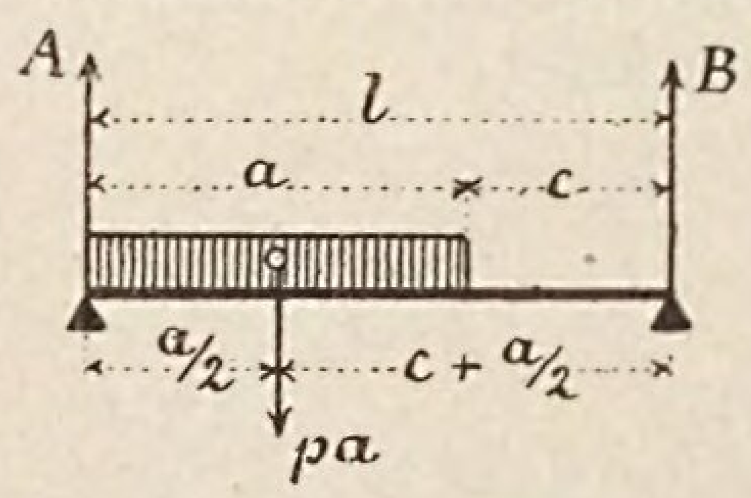
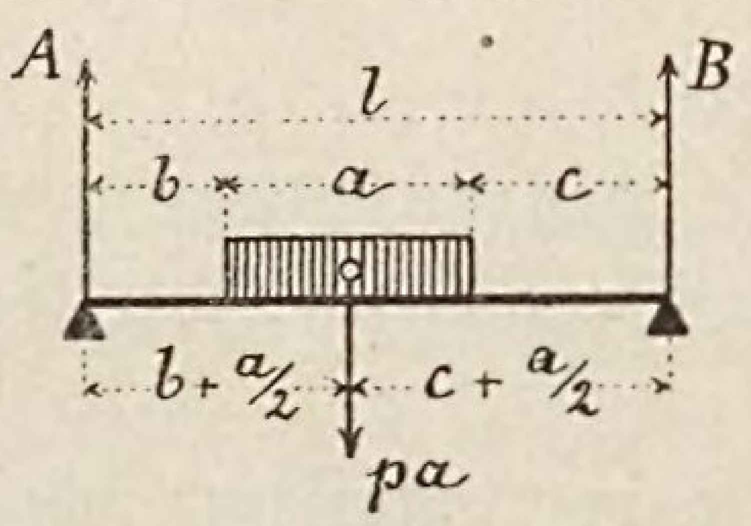
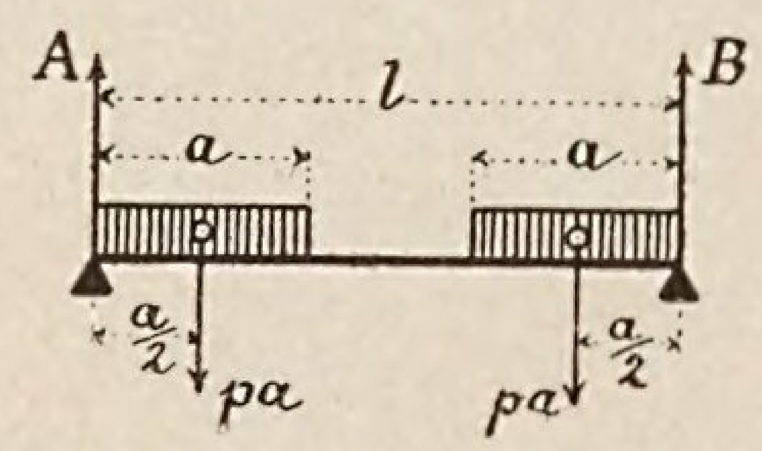
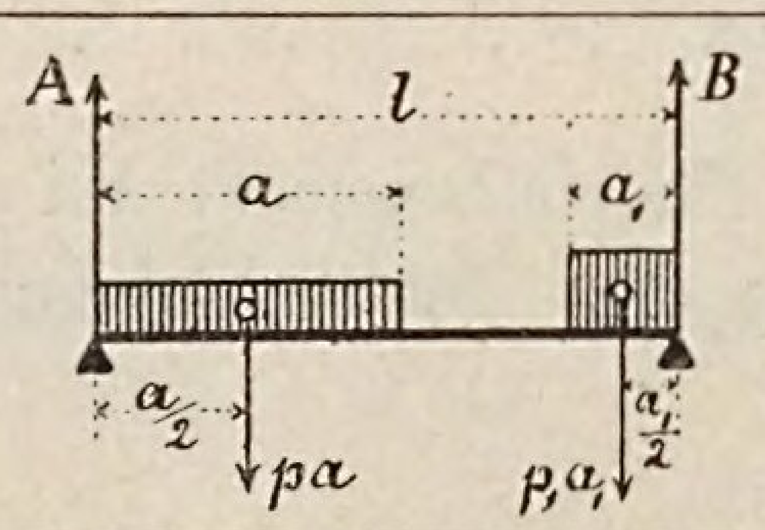
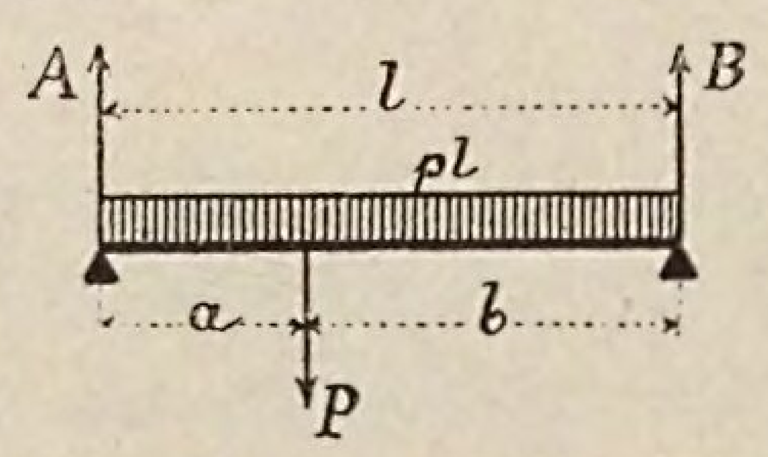
Das Moment in der beliebigen Entfernung x vom Auflager hat die Größe:

$$\mathfrak{M}_x = \mathbf{\frac{p}{2} x (l - x)} \quad \ldots\ldots\ldots \quad 38)$$

Die Vertikalkraft an dieser Stelle ist:

$$\mathfrak{V} = \mathbf{A - px = \frac{pl}{2} - px} \quad \ldots\ldots \quad 39)$$

Die Werte für die Stützendrücke und das Maximalmoment bei den wichtigsten einfachen Belastungsfällen sind in folgender Tabelle zusammengestellt.

Nr.	Belastungsfall	Stützendrücke	Größtes Moment
1		$A = B = \frac{1}{2} P$	$\mathfrak{M} = \frac{P l}{4}$
2		$A = \frac{P b}{l}$ $B = \frac{P a}{l}$	$\mathfrak{M} = \frac{P a b}{l}$
3		$A = B = \frac{p l}{2}$	$\mathfrak{M} = p l \cdot \frac{l}{8}$
4		$A = \frac{p a \left(c + \frac{a}{2}\right)}{l}$ $B = \frac{p a \cdot \frac{a}{2}}{l} = \frac{p a^2}{2 l}$	$\mathfrak{M} = \frac{A^2}{2 p}$
5		$A = \frac{p a \left(c + \frac{a}{2}\right)}{l}$ $B = \frac{p a \left(b + \frac{a}{2}\right)}{l}$	$\mathfrak{M} = A b + \frac{A^2}{2 p}$
6		$A = B = p a$	$\mathfrak{M} = p a \cdot \frac{a}{2}$
7		$A = \frac{p a \left(l - \frac{a}{2}\right) + p_1 a_1 \cdot \frac{a_1}{2}}{l}$ $B = \frac{p_1 a_1 \left(l - \frac{a_1}{2}\right) + p a \cdot \frac{a}{2}}{l}$	Für $p a > A$ wird: $\mathfrak{M} = \frac{A^2}{2 p}$ Für $p a < A$ wird: $\mathfrak{M} = \frac{B^2}{2 p_1}$
8		$A = \frac{p l}{2} + P \frac{b}{l}$ $B = \frac{p l}{2} + P \frac{a}{l}$	Für $a < b$ wird: $\mathfrak{M} = \frac{A^2}{2 p}$ Für $a > b$ wird: $\mathfrak{M} = \frac{B^2}{2 p}$

Bei den zu Deckenkonstruktionen verwendeten Trägern muß noch besonders Rücksicht genommen werden auf die Durchbiegung, welche erfahrungsmäßig bei voller Belastung nicht mehr als $^1/_{600}$ der Spannweite betragen soll. Durchbiegung.

Unter dieser Annahme ergibt sich bei dem gleichmäßig belasteten Träger von der Spannweite l für die Trägerhöhe h der Wert:

$$h = 125 \frac{k}{E} l \quad \text{. . . . .} \quad 40)$$

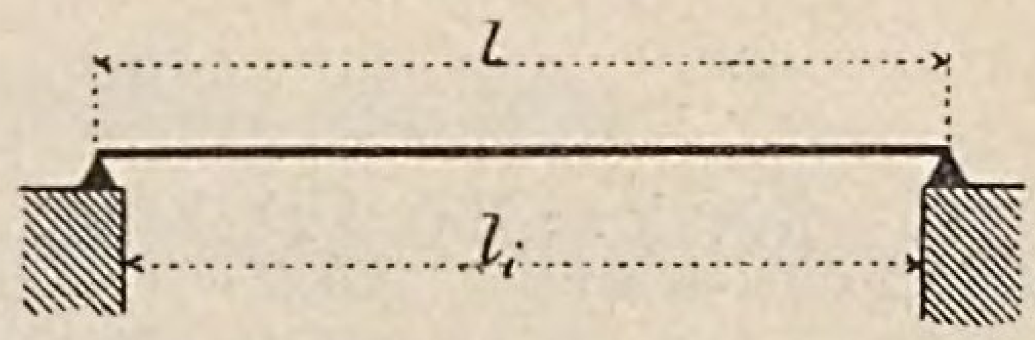
Setzt man für Schmiedeisen die zulässige Inanspruchnahme k = 750, und den Elasticitätsmodul E = 2000000 ein, so wird:

$$h = \frac{l}{21} \quad \text{. . . . .} \quad 41)$$

Die Stützweite der Träger soll mit Rücksicht auf die Durchbiegung nicht mehr als das 21fache der Trägerhöhe betragen.

Gewöhnlich wird bei Berechnung der Träger zwischen zwei Gebäudemauern die Stützweite l gleich der gegebenen Lichtweite l_i zwischen den Mauern angenommen (Fig. 157), was bei verhältnismäßig geringer Beanspruchung (k = 750) auch meist unbedenklich und zulässig ist. Streng genommen müßte aber statt der Lichtweite die Entfernung der Auflagermitten als Stützweite eingesetzt werden. Ganz brauchbare Resultate liefert dabei die auf Meter bezogene empirische Formel: Stützweite.

Fig. 157.



$$l = 1{,}02\, l_i + 0{,}2 \quad \text{. . . . .} \quad 42)$$

Bei den durch Säulen unterstützten Trägern ist als Stützweite der Abstand von Mitte zu Mitte Säule zu rechnen, wenn nicht die Säulenköpfe eine so große Auskragung erhalten, daß dadurch die Stützweite wesentlich verringert wird.

Beispiel 1. Für die eisernen Träger einer Deckenkonstruktion sei gegeben:

die Stützweite . . l = 4,16 m
die Trägerentfernung b = 1,2 m

Die gleichförmig verteilte Belastung (Eigengewicht und Nutzlast) sei = 800 kg pro Quadratmeter.

Die Belastung pro Meter Träger ist dann:

$$p = 800 \,.\, 1{,}2 = 960 \text{ kg}$$

folglich die Totalbelastung eines Trägers:

$$p\,l = 960 \,.\, 4{,}16 = 3994 \text{ kg}$$

Nach Nr. 3 der Tabelle S. 72 ist das Maximalmoment:

$$\mathfrak{M} = p\,l \,.\, \frac{l}{8} = 3994 \,.\, \frac{416}{8} = 207688$$

und nach Gl. 28) S. 66 das erforderliche Widerstandsmoment (bei k = 750):

$$W = \frac{207688}{750} = 277$$

Gewählt wird ein I-Eisen Nr. 22 mit $W = 281$.

Dieses Eisen genügt auch der Bedingungsgleichung 41) S. 73.

Beispiel 2. Für einen Raum von 4,7 m Lichtweite soll eine Deckenkonstruktion mit Hilfe von eisernen Trägern ausgeführt werden. Die Träger sind in solchen Entfernungen voneinander anzuordnen, daß bei der vollen Belastung von 600 kg pro Quadratmeter die Durchbiegung derselben $\frac{1}{600}$ der Stützweite beträgt.

Nach Gl. 42) ergibt sich als Stützweite:

$$l = 1{,}02 \,.\, 4{,}7 + 0{,}2 = \backsim 5 \text{ m}$$

Die Höhe der Träger muß mit Rücksicht auf die Durchbiegung nach Gl. 41) mindestens sein:

$$h = \frac{5}{21} = \backsim 0{,}24 \text{ m} = 24 \text{ cm}$$

Es sind daher I-Eisen Nr. 24 mit $W = 357$ zu verwenden. Der diesem Widerstandsmomente entsprechende Trägerabstand b ergibt sich aus der Biegungsgleichung:

$$\mathfrak{M} = kW$$

Hierin ist nach Nr. 3 der Tabelle S. 72 einzusetzen.

$$\mathfrak{M} = pl\frac{1}{8} = 600b \,.\, 5 \,.\, \frac{500}{8}$$

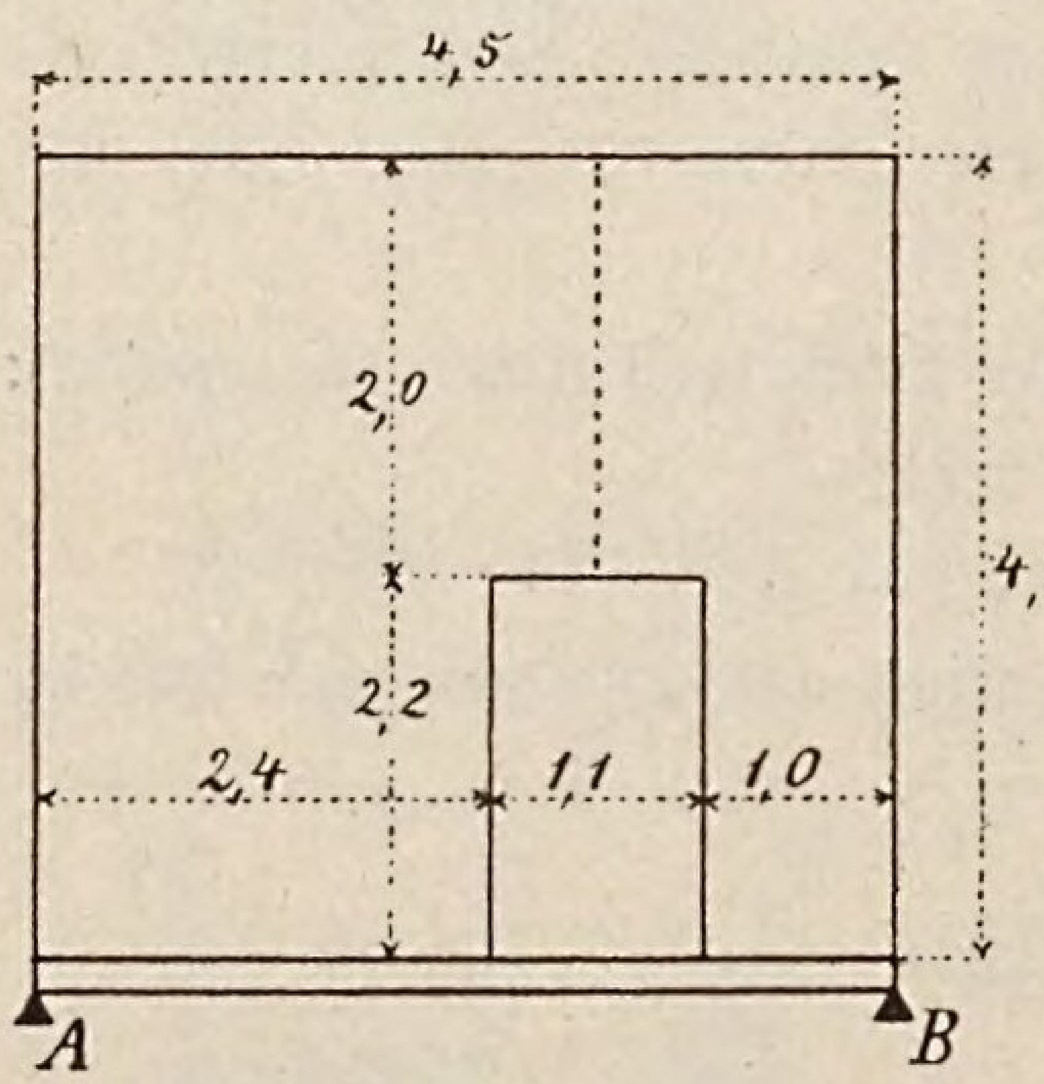
Für $k = 750$ wird dann:

$$600b \,.\, 5 \,.\, \frac{500}{8} = 750 \,.\, 357$$

folglich:

$$b = \frac{8 \,.\, 750 \,.\, 357}{600 \,.\, 5 \,.\, 500} = 1{,}43 \text{ m}$$

Fig. 158.



Beispiel 3. Eine Steinwand von 4,5 m Länge, 4,2 m Höhe und 0,3 m Stärke soll durch Eisenträger unterstützt werden. Auf einer Seite, und zwar in 1 m Entfernung vom Auflager, befindet sich eine Thüröffnung von 1,1 m Weite und 2,2 m Höhe (Fig. 158).

Nach der Bezeichnung des hier vorliegenden Belastungsfalles Nr. 7 der Tabelle S. 72 ist:

$$a = 2{,}4 \text{ m}$$
$$a_1 = 1{,}1 \text{ m}$$

Rechnet man 1 cbm Mauerwerk zu 1600 kg, so ergibt sich:

$$pa = (2{,}4 \,.\, 4{,}2 + 0{,}55 \,.\, 2)\, 0{,}3 \,.\, 1600 = 5366{,}4 \text{ kg}$$
$$p_1 a_1 = (1 \,.\, 4{,}2 + 0{,}55 \,.\, 2)\, 0{,}3 \,.\, 1600 = 2544 \text{ kg}$$

folglich:

$$p = \frac{5366{,}4}{240} = 22{,}36 \text{ kg pro Centimeter}$$

$$p_1 = \frac{2544}{100} = 25{,}44 \text{ kg pro Centimeter}$$

Die Auflagerdrücke haben nach Nr. 7 der Tabelle die Größe:

$$A = \frac{5366,4\,(4,5 - 1,2) + 2544\,.\,0,5}{4,5} = 4218 \text{ kg}$$

$$B = \frac{2544\,(4,5 - 0,5) + 5366,4\,.\,1,2}{4,5} = 3692,4 \text{ kg}$$

Da hier $pa > A$ ist, so wird:

$$\mathfrak{M} = \frac{A^2}{2p} = \frac{4218^2}{2\,.\,22,36} = 397843$$

folglich bei $k = 750$:

$$W = \frac{397843}{750} = \backsim 530$$

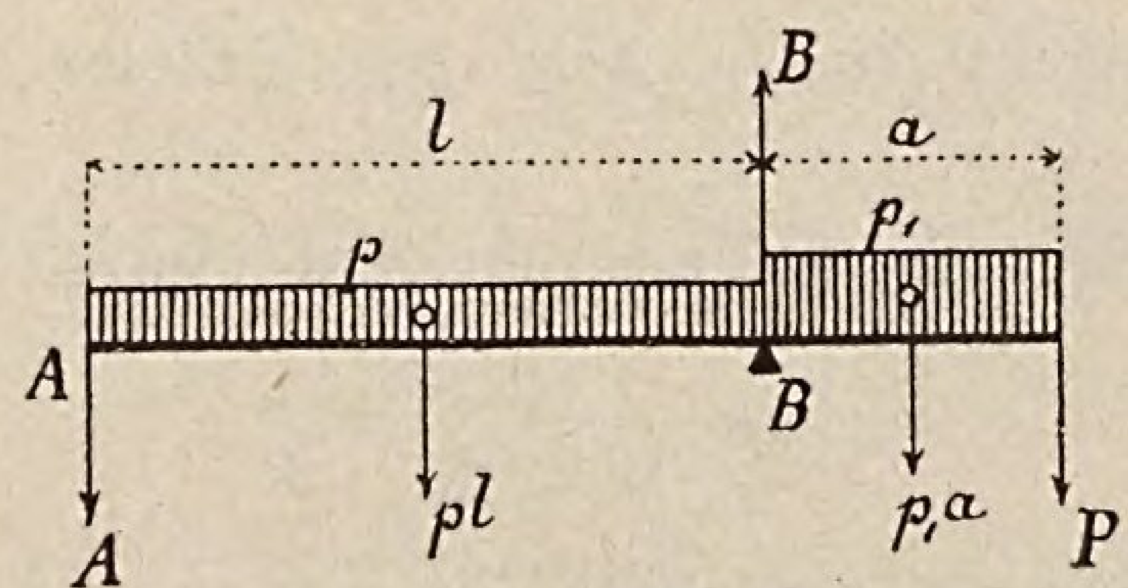
Um eine genügende Auflagerbreite für die Wand zu erhalten, werden zwei I-Eisen Nr. 22 gewählt mit je $W = 281$, welche auch mit Rücksicht auf die Durchbiegung (vergl. Gl. 41, S. 73) noch gerade stark genug sind.

§ 31.

Die Träger mit überkragenden Enden.

Die über einen Stützpunkt hinausgeführten Träger kommen häufiger bei Balkonkonstruktionen vor, und zwar dann, wenn die Mauerstärke zur Aufnahme des Momentes eines Freiträgers nicht genügend ist. Ein überkragendes Ende.

Fig. 159.



Für die in Fig. 159 skizzierte Belastung sind die Auflagerdrücke:

$$\mathbf{A} = \frac{\mathbf{a}}{\mathbf{l}}\left(\mathbf{P} + \frac{\mathbf{p_1 a}}{\mathbf{2}}\right) - \frac{\mathbf{p\,l}}{\mathbf{2}} \quad \ldots\ldots \quad 43)$$

$$\mathbf{B} = \mathbf{A} + \mathbf{P} + \mathbf{p\,l} + \mathbf{p_1 a} \quad \ldots\ldots\ldots \quad 44)$$

Der Auflagerdruck A ist abwärts oder aufwärts gerichtet, je nachdem:

$$\frac{a}{l}\left(P + \frac{p_1 a}{2}\right) > \text{ oder } < \frac{p\,l}{2}$$

ist. Für:

$$\frac{a}{l}\left(P + \frac{p_1 a}{2}\right) = \frac{p\,l}{2}$$

wird $A = $ Null.

Bei abwärts gerichtetem A, oder auch für A = Null liegt der gefährliche Querschnitt in B. Das Moment an dieser Stelle ist:

$$\mathfrak{M} = P a + \frac{p_1 a^2}{2} \quad \ldots\ldots\ldots \quad 45)$$

Ist dagegen A aufwärts gerichtet, so existiert noch ein zweites Maximalmoment zwischen A und B von der Größe:

$$\mathfrak{M}_1 = \frac{A^2}{2 p} \quad \ldots\ldots\ldots \quad 46)$$

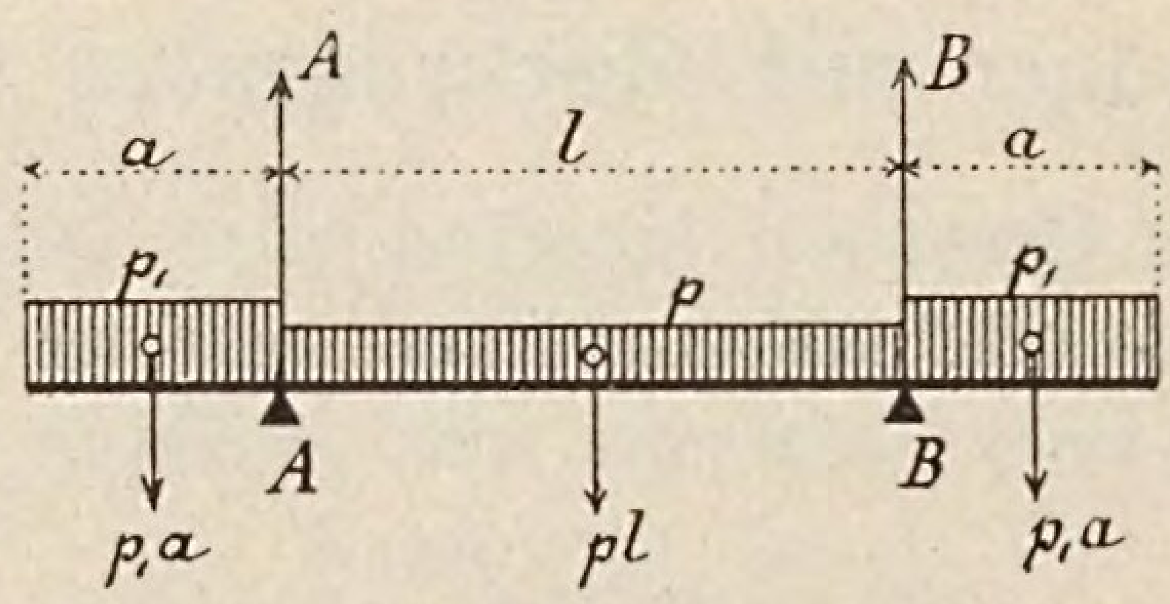
Das größte dieser beiden Momente ist für die Querschnittsbestimmung des Trägers maßgebend.

Zwei überkragende Enden.

Für die über beide Stützpunkte um ein Stück a hinausgeführten, nach Fig. 160 symmetrisch belasteten Träger sind die Stützendrücke:

$$A = B = \frac{p l}{2} + p_1 a \quad \ldots\ldots\ldots \quad 47)$$

Fig. 160.



Die Maximalmomente finden über den Stützen und in der Mitte des Trägers statt.

Das Moment über den Stützen hat die absolute Größe:

$$\mathfrak{M} = \frac{p_1 a^2}{2} \quad \ldots\ldots\ldots \quad 48)$$

Das Moment in der Trägermitte ist:

$$\mathfrak{M}_1 = \frac{p l^2}{8} - \frac{p_1 a^2}{2} \quad \ldots\ldots\ldots \quad 49)$$

Das größte dieser Momente ist der Querschnittsberechnung des Trägers zu Grunde zu legen.

Das Material des Trägers wird am günstigsten ausgenutzt, wenn die Momente einander gleich sind. Dies ist der Fall, wenn die Ausladung a die Größe hat:

$$a = \frac{l}{\sqrt{8}} \sqrt{\frac{p}{p_1}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad 50)$$

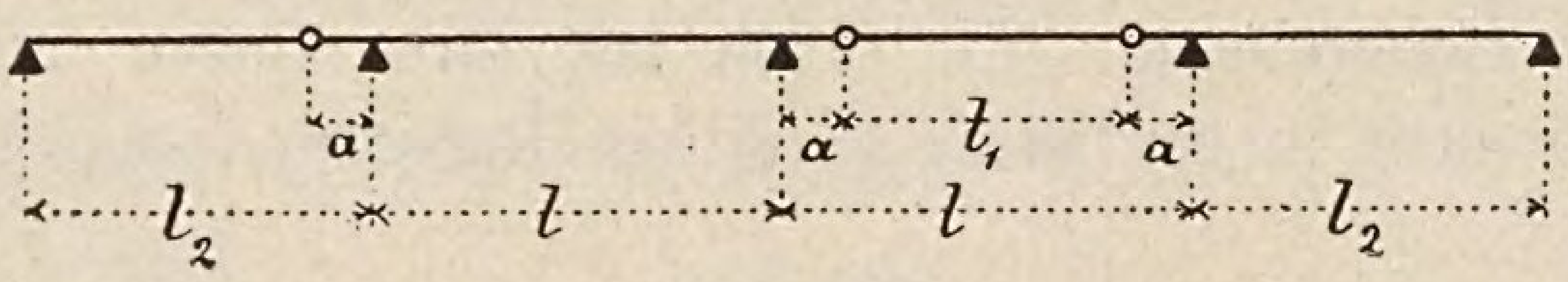
Es wird dann:

$$\mathfrak{M} = \mathfrak{M}_1 = p l \cdot \frac{1}{16} \quad \ldots\ldots\ldots \quad 51)$$

Die in neuerer Zeit vielfach auch im Hochbau (z. B. zu den Pfetten der eisernen Dächer) verwendeten, zuerst von **Gerber** konstruierten **kontinuierlichen Gelenkträger**, welche zur Ueberspannung mehrerer Felder dienen, sind zusammengesetzt aus einzelnen Trägern mit überkragenden Enden und aus zwischen diesen angeordneten und gelenkartig mit ihnen verbundenen einfachen Trägern auf zwei Endstützen, so daß bei der Aufeinanderfolge der Felder stets ein Feld ohne Gelenke mit einem Felde mit zwei Gelenken abwechselt (Fig. 161). Kontinuierliche Gelenkträger.

Diese Träger bieten den Vorteil großer Materialersparung, ohne dabei den Nachteil der durchgehenden kontinuierlichen Träger zu zeigen, bei denen durch eine zufällige geringe Aenderung in der Höhenlage der Stützen die Momente schon stark beeinflußt werden.

Fig. 161.



Der günstigste Fall ist der, daß die Maximalmomente bei sämtlichen Trägerteilen einander gleich sind. Dieser Fall tritt ein, wenn bei gleichförmiger Belastung p pro Längeneinheit die Mittelfelder die gleiche Spannweite l erhalten und:

$$l_1 = l\sqrt{\frac{1}{2}} = 0{,}707\,.\,l \quad \ldots\ldots \quad 52)$$

folglich:

$$a = \frac{l}{2}\left(1 - \sqrt{\frac{1}{2}}\right) = 0{,}1465\,l \quad \ldots\ldots \quad 53)$$

genommen wird. Die Endfelder erhalten die Spannweite:

$$l_2 = \frac{l}{2}\left(1 + \sqrt{\frac{1}{2}}\right) = 0{,}8535\,l \quad \ldots\ldots \quad 54)$$

Das Maximalmoment für sämtliche Trägerstücke wird dann:

$$\mathfrak{M}_{max} = \frac{p\,l^2}{16} \quad \ldots\ldots \quad 55)$$

Häufig ist man aus gewissen Gründen gezwungen, nicht allein für die Mittelfelder, sondern auch für die Endfelder die gleiche Spannweite l auszuführen, also $l_2 = l$ anzunehmen, wodurch die Maximalmomente in den Endfeldern vergrößert werden, und zwar ergibt sich dann

für ein Endfeld mit Gelenk:

$$\mathfrak{M}'_{max} = \frac{p\,l^2}{11} \quad \ldots\ldots \quad 56)$$

für ein Endfeld ohne Gelenk:

$$\mathfrak{M}''_{max} = \frac{49}{512}\, p\, l^2 = \sim \frac{p\, l^2}{10} \quad \ldots\ldots \quad 57)$$

Die Maximalmomente über den Stützen und in den Mittelfeldern behalten die Größe Gl. 55).

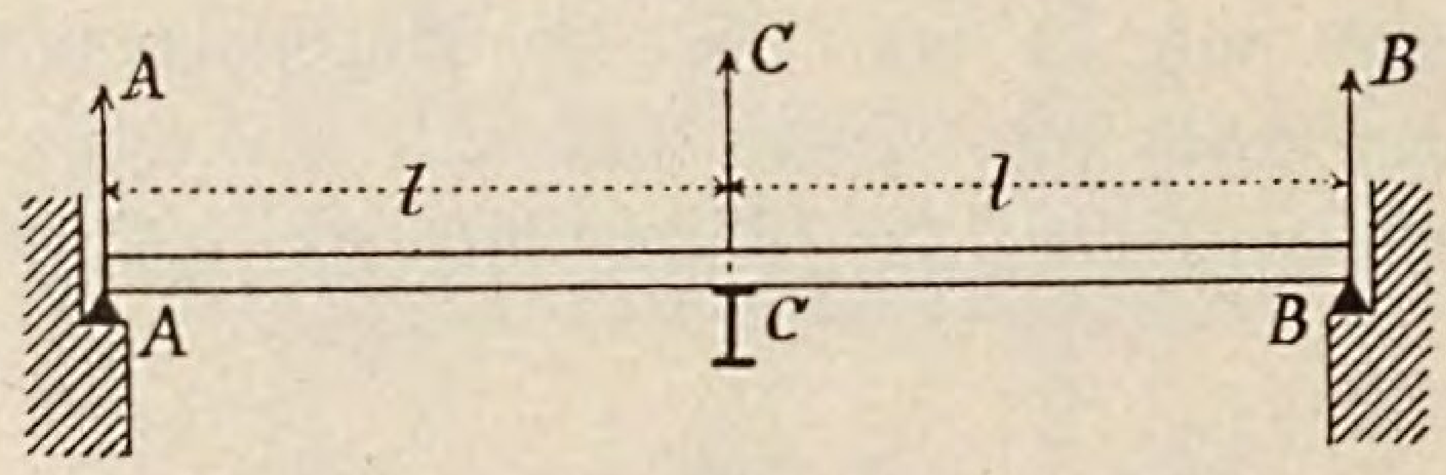
Die konstruktive Ausbildung der kontinuierlichen Gelenkträger wird im zweiten Teile dieses Werkes in dem Abschnitte über die eisernen Dächer ausführlicher besprochen werden.

§ 32.

Die Träger auf drei Stützen.

Diese Träger kommen im Hochbau bei Anordnung eines Unterzuges fast regelmäßig zur Verwendung. Sie ruhen mit ihren Enden auf dem Mauerwerke und sind meist in der Mitte durch den Unterzug unterstützt (Fig. 162).

Fig. 162.



Unter Voraussetzung der gleichen Spannweite l für die beiden Felder, und unter der Annahme, daß die Stützpunkte A B C in gleicher Höhe liegen, werden bei der gleichförmig verteilten Belastung p pro Längeneinheit die Auflagerdrücke:

$$A = B = \frac{3}{8}\, p\, l \quad \ldots\ldots\ldots \quad 58)$$

$$C = \frac{10}{8}\, p\, l = \frac{5}{8} \cdot 2\, p\, l \quad \ldots\ldots\ldots \quad 59)$$

Da 2pl die Totalbelastung eines Trägers ausmacht, so beträgt der Druck auf die Mittelstütze $^5/_8$ der Totalbelastung, und nicht $^1/_2$ der Totalbelastung, wie vielfach irrtümlich angenommen wird.

Der gefährliche Querschnitt des Trägers befindet sich über der Stütze C, das Moment an dieser Stelle, welches für die Berechnung des Trägers maßgebend ist, hat die Größe:

$$\mathfrak{M} = p\, l \cdot \frac{1}{8} \quad \ldots\ldots\ldots \quad 60)$$

stimmt also überein mit dem Maximalmomente des gleichmäßig mit p belasteten, an beiden Enden frei aufliegenden Trägers von der Länge l (vergl. Gl. 37, S. 71).

Beispiel. Berechnung einer Deckenkonstruktion nach Fig. 162 unter Annahme folgender Werte:

Stützweite der Träger l = 420 cm,
Entfernung der Träger voneinander B = 120 cm,
Stützweite des Unterzuges (Säulenentfernung) L = 600 cm,
Belastung einschließlich Eigengewicht p = 600 kg pro Quadratmeter.

a) Die Träger.

Die Totalbelastung eines Trägers ist:

$$P = p\,l\,B = 600 \,.\, 4{,}2 \,.\, 1{,}2 = 3024 \text{ kg}$$

folglich das Maximalmoment:

$$\mathfrak{M} = \frac{3024 \,.\, 420}{8} = 158760$$

und das erforderliche Widerstandsmoment bei k = 750 kg:

$$W = \frac{158760}{750} = 212.$$

Es genügt dafür ein I-Eisen Nr. 20 mit W = 216.

b) Der Unterzug.

Die Balken übertragen nach Gl. 59) je $^5/_8$ ihrer Belastung auf den Unterzug, daher erfährt letzterer die Totalbelastung:

$$P = {}^5/_8\, 2\,p\,l\,L = {}^5/_8 \,.\, 2 \,.\, 600 \,.\, 4{,}2 \,.\, 6 = 18900 \text{ kg}.$$

Es genügt vollkommen, diese Belastung als gleichförmig verteilt anzunehmen; es wird dann:

$$\mathfrak{M} = \frac{18900 \,.\, 600}{8} = 1417500$$

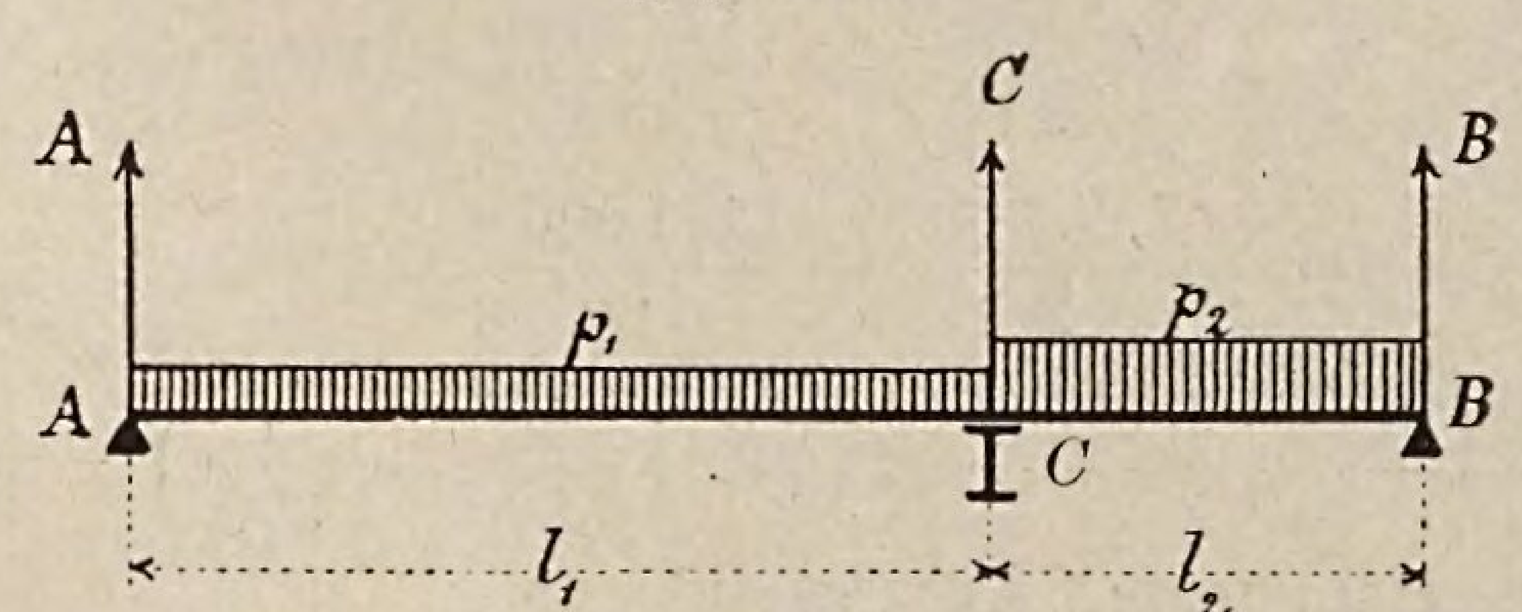
und für k = 750 kg:

$$W = \frac{1417500}{750} = 1890.$$

Erforderlich ein I-Eisen Nr. 45 mit W = 2054
oder zwei I-Eisen Nr. 34 mit je W = 931.

Sind bei einem Träger auf drei Stützen die Feldweiten ungleich, ein Fall, der bei Umbauten, z. B. bei einbündigen Bauten, sehr häufig eintritt, so

Fig. 163.



ist bei ungleichen Belastungen (Fig. 163), das über der Stütze C entstehende Moment:

$$\mathfrak{M} = \frac{p_1 l_1{}^3 + p_2 l_2{}^3}{8\,(l_1 + l_2)} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad 61)$$

Die Stützendrücke haben die Größe:

$$A = \frac{p_1 l_1}{2} - \frac{\mathfrak{M}}{l_1} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad 62)$$

$$B = \frac{p_2 l_2}{2} - \frac{\mathfrak{M}}{l_2} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad 63)$$

$$C = \frac{p_1 l_1 + p_2 l_2}{2} + \mathfrak{M}\left(\frac{1}{l_1} + \frac{1}{l_2}\right) \quad . \; . \; . \; . \quad 64)$$

Bei gleichen Belastungen, also $p_1 = p_2 = p$ vereinfachen sich die obigen Ausdrücke zu:

$$\mathfrak{M} = \frac{p\,(l_1{}^3 + l_2{}^3)}{8\,(l_1 + l_2)} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad 65)$$

$$A = \frac{p\,l_1}{2} - \frac{\mathfrak{M}}{l_1} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad 66)$$

$$B = \frac{p\,l_2}{2} - \frac{\mathfrak{M}}{l_2} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad 67)$$

$$C = \frac{p\,(l_1 + l_2)}{2} + \mathfrak{M}\left(\frac{1}{l_1} + \frac{1}{l_2}\right) \quad . \; . \; . \; . \quad 68)$$

Beispiel. Die in 1,2 m Entfernung voneinander angeordneten Träger AB (Fig. 163) einer Deckenkonstruktion seien an den Enden A und B durch Mauerwerk, im Punkte C durch einen Unterzug unterstützt. Die Spannweiten der Felder AC und BC seien:

$$l_1 = 5 \text{ m}$$
$$l_2 = 3 \text{ m}$$

Die Belastung der Decke betrage einschließlich Eigengewicht 600 kg pro qm. Es ergibt sich dann:

$$p = 1{,}2 \,.\, 600 = 720 \text{ kg pro m} = 7{,}2 \text{ kg pro cm}$$

Nach Gl. 65) ist:

$$\mathfrak{M} = \frac{7{,}2\,(500^3 + 300^3)}{8\,(500 + 300)} = 171\,000 \text{ kgcm}$$

und nach den Gleichungen 66) bis 68):

$$A = \frac{7{,}2 \,.\, 500}{2} - \frac{171\,000}{500} = 1458 \text{ kg}$$

$$B = \frac{7{,}2 \,.\, 300}{2} - \frac{171\,000}{300} = 510 \text{ kg}$$

$$C = \frac{7{,}2\,(500 + 300)}{2} + 171000\left(\frac{1}{500} + \frac{1}{300}\right) = 3792 \text{ kg}$$

Die Totalbelastung des Trägers ist:

$$p\,(l_1 + l_2) = 7{,}2\,(500 + 300) = 5760 \text{ kg}$$

folglich beträgt der durch einen Träger auf den Unterzug ausgeübte Druck:

$$\frac{3792}{5760} = \backsim 0{,}66 \text{ der Totalbelastung des Trägers.}$$

Würde man, wie es fälschlich oft noch in der Praxis geschieht, und merkwürdigerweise auch sogar bei vielen Revisionen durchgeht, die Hälfte der Totalbelastung des Trägers als Druck auf den Unterzug rechnen, so würde man für diesen häufig viel zu schwache Dimensionen erhalten. Es kann sich sogar bei sehr ungleichen Spannweiten ereignen, daß der Druck auf den Unterzug größer ausfällt, als die ganze Belastung des Trägers. In diesem Falle wird dann der Druck auf die eine Endstütze negativ.

§ 33.

Auflagerung der Träger.

Wegen der geringen Flantschbreite der eisernen Träger ist es in der Regel nicht angängig, dieselben ohne weiteres mit ihren Enden auf dem gewöhnlichen Mauerwerk zu lagern. Entweder unterstützt man die Trägerenden durch Werksteine, welche einen verhältnismäßig hohen spezifischen Druck ertragen können, oder besser noch, man verwendet gußeiserne Unterlagsplatten von solcher Größe, daß der Druck k pro Quadratcentimeter auf das unterliegende Mauerwerk die zulässige Grenze nicht überschreitet. Dabei sind etwa folgende Werte anzunehmen:

für gewöhnliches Ziegelmauerwerk	$k = 7$	kg
„ Klinkermauerwerk in Zement	$k = 12$	„
„ Beton	$k = 15$	„
„ Sandsteinquader	$k = 20$	„
„ Granitquader	$k = 40$	„

Ist A der Auflagerdruck des Trägers, so ergibt sich die erforderliche Größe F der Auflagerfläche aus der Bedingung:

$$\mathbf{A = k \cdot F} \qquad 69)$$

Bei rechteckigen Unterlagsplatten von der Länge a_1 und der Breite b_1 (Fig. 164) wird daher: Abmessungen der Auflagerplatte.

$$\mathbf{A = k\, a_1\, b_1} \qquad 70)$$

Die Platten werden, um den Träger nicht unnötig zu verlängern und die Mauer nicht zu sehr zu schwächen, kürzer als breit ausgeführt. Man nimmt das Verhältnis von a_1 zu b_1 wie 2 : 3 bis 3 : 4 und kann dann nach Gl. 70) die Größen a_1 und b_1 bestimmen. Auf jeden Fall soll b_1 mindestens 6 cm größer als die Flantschbreite b des Trägers genommen werden, andererseits darf bei verhältnismäßig schwachen Außenmauern a_1 nicht größer werden als die Mauerstärke minus ½ Stein.

Die Stärke der Auflagerplatte wird:

$$\delta = \frac{a_1}{18}\sqrt{k} \qquad 71)$$

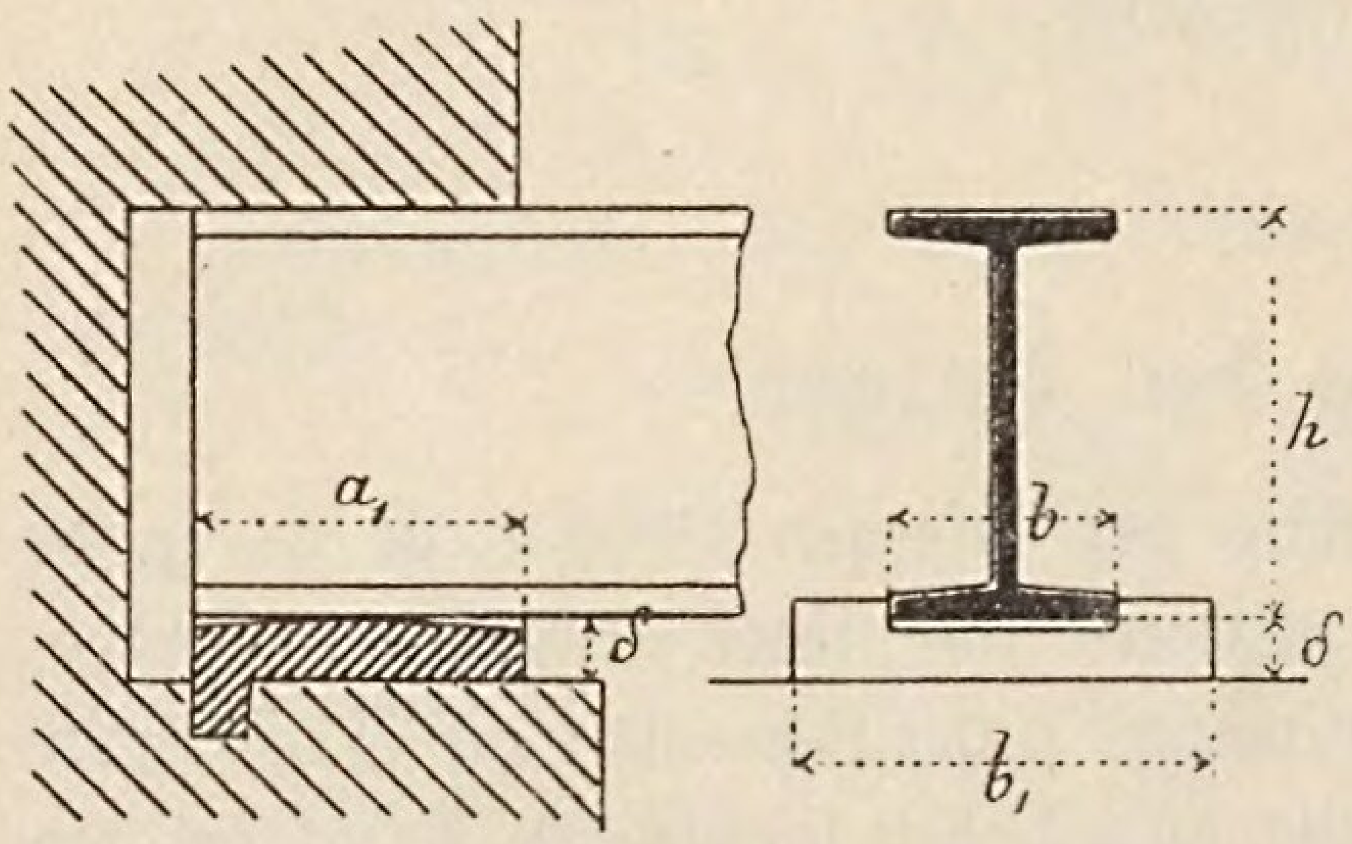
oder:

$$\delta = \frac{b_1 - b}{18}\sqrt{k} \qquad 72)$$

Der größere dieser beiden Werte ist auszuführen; man nehme jedoch δ mindestens $= 1{,}3$ cm, im Falle die Gl. 71) oder 72) kleinere Werte ergeben sollten.

Häufig kommt der Fall vor, daß ein Unterzug aus zwei nebeneinander angeordneten I-Eisen besteht. Diese sind dann, wenn nicht Quader verwandt wird, auf einer gemeinsamen Platte zu lagern (Fig. 165), deren Stärke zu berechnen ist aus den Gleichungen:

Fig. 164.



$$\delta = \frac{c}{9}\sqrt{k} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 73)$$

oder:

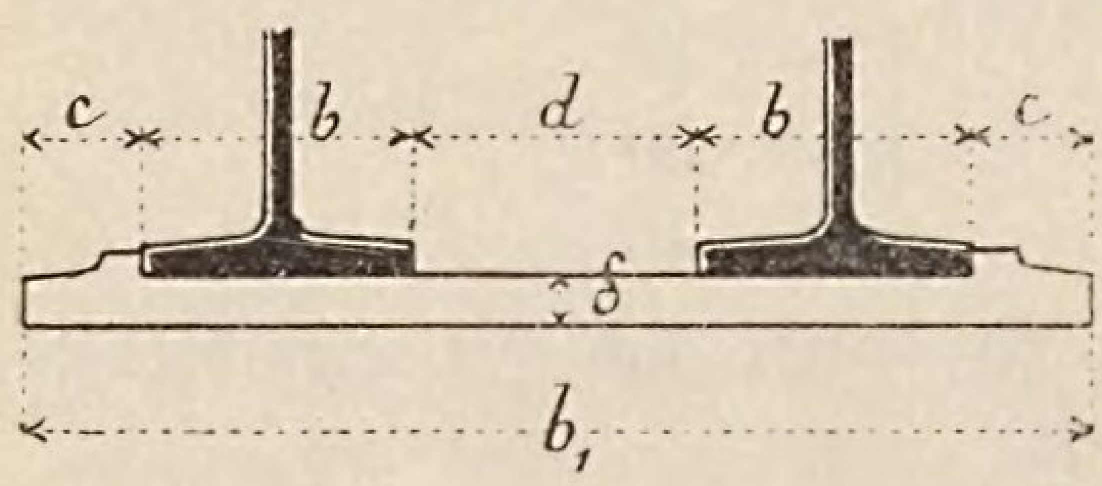
$$\delta = \frac{d}{22}\sqrt{k} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 74)$$

Der größere dieser beiden Werte gibt die auszuführende Plattenstärke an.

Ausführung und Aufstellung der Lagerplatte.

Die Auflagerplatte, deren Vorderkante ca. 3 bis 6 cm von der Mauerkante abstehen soll, um ein Abspringen der Steine zu verhindern, wird zweckmäßig oben schwach gewölbt ausgeführt, damit bei dem unter der Last stets etwas durchgebogenen Träger der Druckpunkt sich nicht zu sehr der Plattenkante nähert, sondern eine gleichmäßige Druckverteilung gesichert ist. Um den Träger an einer Seitenverschiebung auf der Platte zu verhindern, erhält letztere an den Seiten passend erhöhte Leisten, zwischen welche sich der Trägerflantsch legt.

Fig. 165.



Eine Längenverschiebung der Platte selbst kann durch eine unten angegossene Rippe, welche in eine eingearbeitete Vertiefung des Mauerwerkes eingreift, verhindert werden. Diese Rippe wird entweder am hinteren Ende der Platte, wie in Fig. 164 (passend für stärkere Mauern), oder in der Mitte der Platte (mehr für schwächere Mauern geeignet) angeordnet.

Die Platten werden zunächst durch untergeschobene kleine Eisenkeile ca. 1 bis 1,5 cm hohl gelegt, in die richtige Lage gebracht und mit Zement untergossen, event. bei größeren Trägern mit der Mauer verankert.

Kleinere Träger werden ohne weiteres auf die Platten gelegt und an den Enden vermauert. Größere Träger, namentlich Unterzüge werden an einem Ende durch Stifte mit der Unterlagsplatte fest verbunden und ruhen mit ihrem anderen Ende frei auf der zweiten Platte, so daß eine bei einem etwaigen Brande durch Temperaturerhöhung bewirkte Ausdehnung ungehindert vor sich gehen kann. Zu dem Zwecke wird vor dem Kopf des Trägers ein Spielraum im Mauerwerk angeordnet von 1 cm für jedes Meter Trägerlänge.

Beispiel 1. Berechnung des Auflagers für den Träger Nr. 22 aus Beispiel 1, S. 73:

Die Totalbelastung des gleichmäßig belasteten Trägers war:

$$p\,l = 3994 \text{ kg}$$

folglich der Auflagerdruck:

$$A = \frac{p\,l}{2} = 1997$$

Als Unterlage für die Trägerenden soll Sandstein genommen werden, für welchen als zulässiger Druck pro Quadratcentimeter $k = 20$ kg zu rechnen ist. Nach Gl. 69) ist dann die erforderliche Auflagerfläche:

$$F = \frac{A}{k} = \frac{1997}{20} = \backsim 100 \text{ qcm}$$

Die Flantschbreite des Trägers Nr. 22 beträgt $b = 9{,}8$ cm, folglich würde sich bei gleichförmiger Druckverteilung die Auflagerlänge

$$a = \frac{F}{b} = \frac{100}{9{,}8} = \backsim 10 \text{ cm}$$

ergeben. Mit Rücksicht auf die durch die Durchbiegung des Trägers veranlaßte ungleichförmige Druckverteilung ist aber besser a etwas größer (etwa 15 cm) auszuführen.

Beispiel 2. Der Träger Nr. 24 aus Beispiel 2, S. 74 soll auf gußeisernen Platten, die auf gewöhnlichem Backsteinmauerwerk ruhen, gelagert sein. Die Größe und Stärke der Platten ist zu berechnen.

Die Totalbelastung ist bei der Spannweite 5 m, der Trägerentfernung 1,43 m und der Belastung $p = 600$ kg pro Quadratmeter:

$$600 \,.\, 1{,}43 \,.\, 5 = 4290 \text{ kg}$$

Davon kommt auf jedes Auflager die Hälfte, folglich ist der Auflagerdruck:

$$A = \frac{4290}{2} = 2145 \text{ kg}$$

Bei $k = 7$ kg wird dann nach Gl. 70):

$$a_1\,b_1 = \frac{A}{k} = \frac{2145}{7} = 306 \text{ qcm}$$

Nimmt man das Verhältnis von a_1 zu b_2 wie $2:3$ an, setzt also:

$$a_1 = \frac{2}{3}\,b_1$$

so wird

$$\frac{2}{3}\,b_1^{\,2} = 306$$

folglich

$$b_1 = \sqrt{\frac{3 \,.\, 306}{2}} = 21{,}4 \text{ cm}$$

und

$$a_1 = \frac{2}{3} \cdot 21{,}4 = \backsim 15 \text{ cm}$$

Die Stärke der Platte ergibt sich nach Gl. 71) zu

$$\delta = \frac{15}{18} \sqrt{7} = 2{,}2 \text{ cm}$$

und bei der Flantschbreite b = 10,6 cm des Trägers nach Gl. 72) zu

$$\delta = \frac{21{,}4 - 10{,}6}{18} \sqrt{7} = 1{,}6 \text{ cm}$$

Die Platte ist daher in der Stärke von 2,2 cm auszuführen.

§ 34.

Die Säulen und Stützen.

Säulen und Stützen nennt man die, meist vertikalen, in der Achsenrichtung auf Druck beanspruchten Konstruktionsteile, und zwar spricht man speziell von Säulen, wenn der äußere Querschnitt ein Kreis ist, von Stützen, wenn der Querschnitt anders, z. B. rechteckig, kreuzförmig u. s. w. gestaltet ist.

Um nicht beide Worte stets wiederholen zu müssen, werden wir zunächst nur das Wort Stütze gebrauchen, unter der stillschweigenden Voraussetzung, daß zugleich damit auch jede runde Säule gemeint ist.

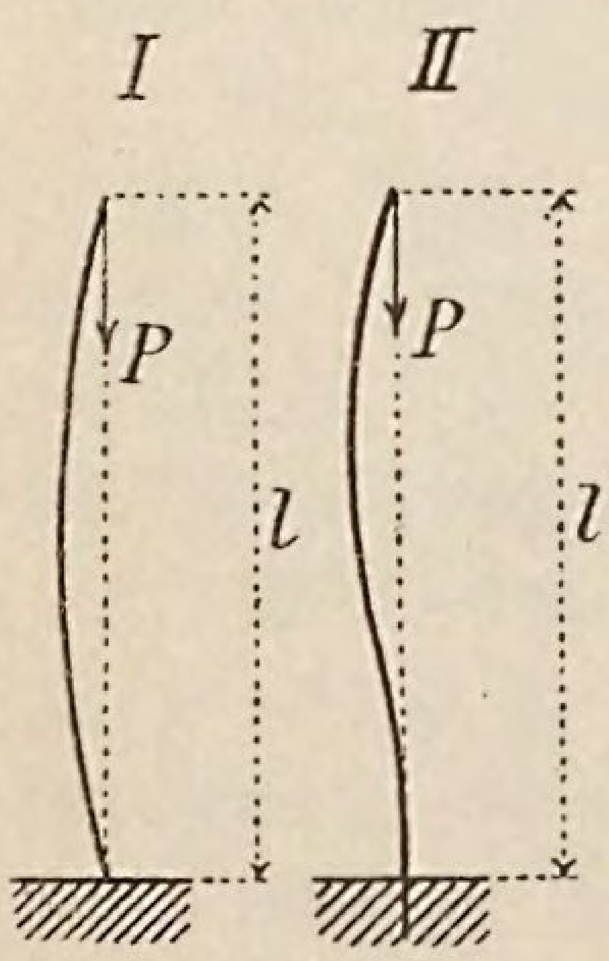
Centrisch belastete Stütze.

Eine centrisch angreifende und in der Achsenrichtung einer Stütze vom Querschnitt F wirkende Kraft P erzeugt in dieser die Druckspannung:

$$k = \frac{P}{F} \quad \dots\dots\dots\dots \quad 75)$$

Unter der Einwirkung der Kraft P wird sich die Stütze aber auch seitlich durchzubiegen suchen, und zwar um so leichter, je größer die Länge der Stütze im Verhältnis zu ihrem Querschnitte ist. Die Stützen müssen daher außer auf Druck stets noch auf Zerknicken berechnet werden.

Fig. 166.



Die Kraft P, welche gerade ein Zerknicken der Stütze bewirken würde, ist abhängig von der Länge l, dem Trägheitsmomente J des Querschnittes, dem Elasticitätsmodul E des Materiales und außerdem von der Art der Befestigung der Enden der Stütze.

Bei den Hochbaukonstruktionen kommen fast nur die Befestigungsfälle I und II Fig. 166 vor.

Bei I sind die beiden Enden der Stütze frei beweglich, aber in der ursprünglichen Achse AB geführt. Es ist dann:

$$P = \frac{\pi^2}{l^2} E J \quad \dots\dots\dots\dots \quad 76)$$

Bei II ist das untere Ende der Stütze fest eingespannt, das obere frei beweglich, aber in der ursprünglichen Achse AB geführt. Dieser Fall liegt

z. B. vor, wenn die Stütze einen fest angegossenen oder angeschraubten, mit Verstärkungsrippen versehenen breiten Fuß besitzt. Da indessen auf eine vollkommene untere Einspannung der Stützen nicht immer mit Sicherheit zu rechnen ist, so empfiehlt es sich, bei der Berechnung auf Zerknicken, stets den Belastungsfall I Fig. 166 zu Grunde zu legen. Dabei genügt es dann bei Stützen mit großem Fuße, die freie Länge l der Stütze von Oberkante Fuß aus zu bemessen.

Von der theoretischen Tragkraft P (Gl. 76), d. i. derjenigen Kraft, welche gerade hinreichen würde, ein Zerknicken der Stütze herbeizuführen, ist, um Sicherheit zu haben, daß ein Zerknicken nicht stattfindet, für praktische Konstruktionen nur ein gewisser Teil zulässig. Nimmt man für Gußeisen $7\,^1/_2$fache, für Schmiedeisen 5fache Sicherheit, so ergibt sich aus Gl. 76) als praktische Tragkraft der Stützen:

für Gußeisen:

$$P = \frac{4}{3}\,\frac{E\,J}{l^2} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 77)$$

für Schmiedeisen:

$$P = 2\,\frac{E\,J}{l^2} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 78)$$

Hierin ist P in Kilogramm, l in Centimeter einzusetzen. Die Größe des Elasticitätsmodul E ist in der Tabelle S. 5 § 3 angegeben.

Ist, was meistens der Fall, die Belastung P und die Stützenlänge l gegeben, so sind die Gl. 77) und 78) für J aufzulösen und danach die Querschnittsabmessungen zu berechnen, wobei zu untersuchen ist, ob die sich nach Gl. 75) ergebende Druckspannung k die zulässige Grenze nicht überschreitet.

Für alle diejenigen Querschnitte, für welche das Trägheitsmoment in Bezug auf zwei senkrecht zu einander stehende Symmetrieachsen gleich ist, bleibt auch das Trägheitsmoment für jede andere Schwerpunktsachse des Querschnittes unverändert. Solche Querschnitte sind z. B. Kreis, Quadrat, gleichschenkliger Kreuzquerschnitt u. a.

Bei allen anderen Querschnitten, deren Trägheitsmoment, bezogen auf die beiden Hauptachsen, verschieden ist, ist für freistehende Stützen unter J in den Gl. 77) und 78) das kleinste Trägheitsmoment zu verstehen. Wird dagegen die Stütze in der einen Richtung durch Zwischenkonstruktionen oder durch Mauerwerk am Ausbiegen verhindert, so ist in den Gl. 77) und 78) für J das gegen Ausbiegen in der anderen Richtung maßgebende Trägheitsmoment einzusetzen.

Bei den aus mehreren Teilen zusammengesetzten Querschnitten der schmiedeisernen Stützen ist es erforderlich, dieselben in solchen Entfernungen l_1 miteinander zu verbinden, daß gegen ein Einknicken der einzelnen Teile zwischen den Stützpunkten genügende Sicherheit vorhanden ist.

Bedeutet n die Anzahl der den Gesamtquerschnitt bildenden Eisen, i das kleinste Trägheitsmoment eines solchen Eisens, so wird nach Gl. 78):

$$\frac{P}{n} = 2\,\frac{E\,i}{l_1^2}$$

woraus sich für die größte zulässige Entfernung l_1 der Verbindungspunkte voneinander der Wert ergibt:

$$l_1 = \sqrt{\frac{n}{P}\,2\,E\,i} \qquad \ldots\ldots\ldots \quad 79)$$

Beispiel 1. Eine gußeiserne runde Hohlsäule von $l = 5$ m Länge sei centrisch belastet mit $P = 32000$ kg.

Nach Gl. 77) ist:

$$32000 = \frac{4}{3}\,\frac{1000000}{500^2}\cdot J$$

woraus folgt:

$$J = \frac{3}{4}\cdot\frac{32000\,.\,500^2}{1000000} = 6000$$

Bei einer angenommenen Wandstärke von $\delta = 2$ cm ergibt sich dann nach Gl. 23) S. 63 der mittlere Durchmesser zu:

$$D_1 = \sqrt[3]{\frac{6000}{2\,.\,0{,}4}} = 19{,}6 \text{ cm}$$

Danach wird der äußere Säulendurchmesser:

$$D = D_1 + \delta = 19{,}6 + 2 = 21{,}6 \text{ cm}$$

Der innere Säulendurchmesser:

$$d = D_1 - \delta = 19{,}6 - 2 = 17{,}6 \text{ cm}$$

Die Querschnittsfläche der Säule ist:

$$F = \frac{(D^2 - d^2)\,\pi}{4} = 123 \text{ qcm}$$

folglich die Beanspruchung auf Druck nach Gl. 75) S. 84:

$$k = \frac{32000}{123} = 260 \text{ kg}$$

Beispiel 2. Zur Unterstützung des Unterzuges in dem Beispiel § 32 S. 79 sollen schmiedeiserne Stützen von vier einen symmetrischen Kreuzquerschnitt bildenden Winkeleisen verwandt werden. Die Länge der Stützen betrage $l = 5{,}6$ m.

Die Belastung der Stütze ist gleich der Belastung des Unterzuges, also $P = 18900$ kg.

Nach Gl. 78) ist dann:

$$J = \frac{P\,l^2}{2\,E} = \frac{18900\,.\,560^2}{2\,.\,2000000} = 1482$$

Zur vorläufigen Bestimmung der Abmessungen der erforderlichen Winkeleisen kann man statt des genauen Trägheitsmoments des Kreuzquerschnittes genügend genau setzen (Fig. 167):

$$J = \frac{2\,\delta\,.\,h^3}{12}$$

Für $\delta = 1$ cm wird dann:

$$\frac{2 \cdot 1 \cdot h^3}{12} = 1482$$

$$h = \sqrt[3]{\frac{12 \cdot 1482}{2}} = \backsim 21 \text{ cm}$$

Danach genügen Winkeleisen $10 \times 10 \times 1$ mit 1 cm Zwischenraum.

Die Querschnittsfläche eines Winkels ist $f = 19$ qcm, folglich ist die Beanspruchung auf Druck:

$$k = \frac{P}{4f} = \frac{18900}{4 \cdot 19} = \backsim 250 \text{ kg}$$

Man kann in Bezug auf Materialverbrauch vorteilhafter konstruieren, wenn

Fig. 167.

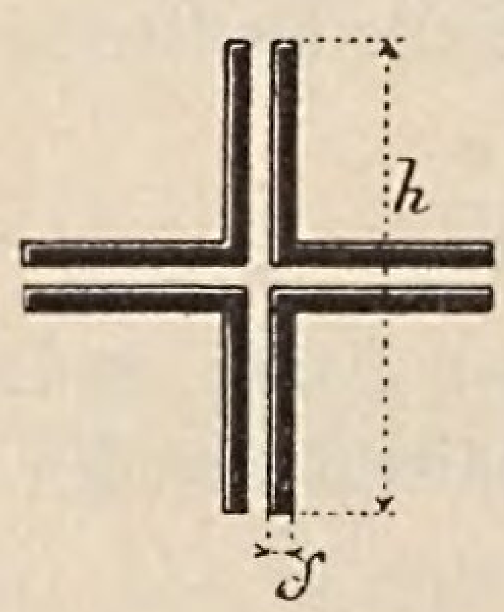
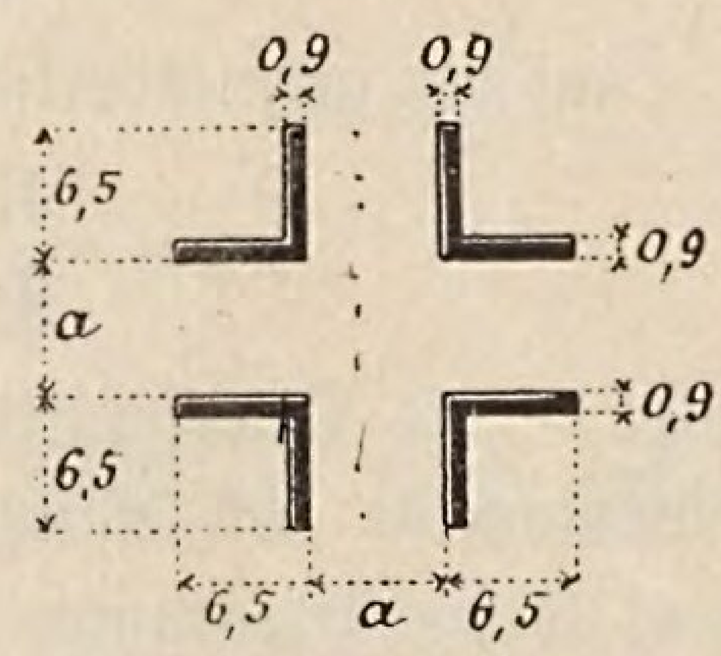


Fig. 168.



man eine höhere Druckbeanspruchung zuläßt, die Winkel also kleiner annimmt, diese dann aber so weit auseinanderzieht, daß das erforderliche Trägheitsmoment $J = 1482$ erreicht wird.

Nimmt man z. B. $k = 450$ kg als zulässigen Druck pro Quadratcentimeter an, so muß die Querschnittsfläche eines Winkels sein:

$$f = \frac{P}{4k} = \frac{18900}{4 \cdot 450} = 10{,}5 \text{ qcm}$$

Dem entspricht ein Winkel $6{,}5 \times 6{,}5 \times 0{,}9$ mit $f = 10{,}9$ qcm

Das Maß a, um welches die Winkel auseinandergerückt werden müssen (Fig. 168), ergibt sich aus der Bedingung:

$$1482 = \frac{2 \cdot 0{,}9\,[(2 \cdot 6{,}5 + a)^3 - a^3]}{12} + \frac{2\,(6{,}5 - 0{,}9)\,[(2 \cdot 0{,}9 + a)^3 - a^3]}{12}$$

zu

$$a = \backsim 7 \text{ cm}$$

Das kleinste Trägheitsmoment eines Winkels ist:

$$i = 17{,}6$$

folglich wird nach Gl. 79):

$$l_1 = \sqrt{\frac{4 \cdot 2 \cdot 2000000 \cdot 17{,}6}{18900}} = 122 \text{ cm}$$

Danach sind vier Verbindungen der Winkel untereinander erforderlich.

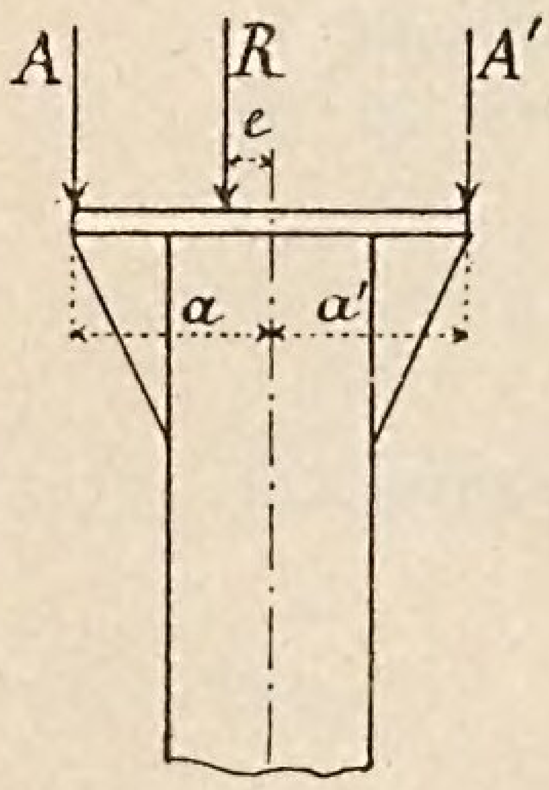
Excentrisch belastete Stützen.

Excentrische Belastung der Stützen tritt dann immer ein, wenn die Träger auf seitlich angebrachten Konsolen der Stütze ruhen und durch die Nutzlast ungleichmäßig belastet sind, wie dies z. B. in Lagerhäusern sehr häufig vorkommt.

Der ungünstigste Fall für die Stütze ist der, daß ein Träger voll belastet, der andere dagegen unbelastet ist.

Der vollbelastete Träger möge den Auflagerdruck A, der unbelastete den Auflagerdruck A' auf die Stütze übertragen (Fig. 169). Der Ausschlag e der Mittelkraft $R = A + A'$ ergibt sich dann aus der Bedingung:

Fig. 169.



$$Re = Aa - A'a' \quad \ldots \ldots \ldots \quad 80)$$

Durch die excentrische Wirkung der Kraft R tritt in der Stütze auf der Seite des voll belasteten Trägers die größte Druckspannung:

$$k_m = \frac{R}{F} + \frac{Re}{W} \quad \ldots \ldots \ldots \quad 81)$$

auf der gegenüberliegenden Seite die kleinste Druckspannung:

$$k_n = \frac{R}{F} - \frac{Re}{W} \quad \ldots \ldots \ldots \quad 82)$$

ein. Dabei bedeutet F die Querschnittsfläche der Stütze in Quadratcentimeter, W das Widerstandsmoment des Stützenquerschnittes bezogen auf Centimeter; e ist in Centimeter, R in Kilogramm einzusetzen.

Ist $\frac{Re}{W} > \frac{R}{F}$, so wird k_n negativ, also Zugspannung.

Man berechne zunächst die Stütze für volle centrisch wirkende Nutzlast nach den angegebenen Regeln auf Zerknicken und untersuche dann, indem man den einen Träger voll belastet, den andern unbelastet annimmt, nach den Gleichungen 81) und 82), ob die Kantenspannungen dabei nicht zu groß ausfallen, eventuell ist der Stützenquerschnitt so zu verstärken, daß k_m und k_n die zulässige Grenze nicht überschreiten.

Beispiel. Eine gußeiserne Säule von $l = 5$ m Länge sei einseitig belastet (nach Fig. 169) durch die Vertikalkräfte $A = 15000$ kg, $A' = 5000$ kg, die in der Entfernung $a = a' = 18$ cm von der Säulenmitte angreifen. Außerdem werde durch die Säule des oberen Stockwerkes noch die centrisch wirkende Last $Q = 20000$ kg auf die untere Säule übertragen.

Bei voller Belastung der Träger wirkt auf die Säule die Centralkraft:

$$P = 2A + Q = 2 . 15000 + 20000 = 50000 \text{ kg}$$

folglich ist nach Gl. 77):

$$J = \frac{3}{4} \frac{Pl^2}{E} = \frac{3}{4} \cdot \frac{50000 . 500^2}{1000000} = 9375$$

Dafür genügt als äußerer Durchmesser: $D = 24$ cm

bei einer Wandstärke: $\delta = 2{,}3$ cm

folglich ist der innere Durchmesser: $d = 19{,}4$ cm

Die Querschnittsfläche dieser Säule ist:

$$F = \frac{(D^2 - d^2)\pi}{4} = \frac{(24^2 - 19{,}4^2)\pi}{4} = 157 \text{ qcm}$$

und das Widerstandsmoment des Säulenquerschnittes:

$$W = \frac{(D^4 - d^4)\pi}{32 D} = \frac{(24^4 - 19{,}4^4)\pi}{32 . 24} = 780$$

Bei einseitig belasteter Säule ist die Resultierende der Lasten:

$$R = A + A' + Q = 15000 + 5000 + 20000 = 40000 \text{ kg}$$

Daher nach Gl. 80):

$$e = \frac{(15000 - 5000)\, 18}{40000} = 4{,}5 \text{ cm}$$

Die größte Druckspannung wird dann nach Gl. 81):

$$k_m = \frac{40000}{157} + \frac{40000 . 4{,}5}{780} = 255 + 230 = 485 \text{ kg}$$

erreicht also noch nicht ganz die zulässige Grenze von 500 kg. Der Querschnitt der Säule kann daher beibehalten werden.

§ 35.

Die Fußplatten der Säulen und Stützen.

Jede Säule oder Stütze ist mit einer Fußplatte zu versehen, die den Zweck hat, den Stützendruck auf eine größere Fläche der Unterlage zu verteilen.

Bei den gußeisernen Säulen ist die Fußplatte mit der Säule entweder in einem Stück gegossen, oder sie wird für sich als besonderes Gußstück hergestellt, auf welches dann die Säule stumpf aufgesetzt wird. Bei den schmiedeisernen Stützen besteht der Fuß meistens ebenfalls aus Schmiedeisen und ist mit der Stütze fest vernietet.

Die Größe der Fußplatte ist abhängig von dem Stützendruck P und der Beschaffenheit der Unterlage (Quader, Klinkermauerwerk in Cement, Beton). Ist k die zulässige Druckbeanspruchung der letzteren (vergl. § 33, S. 81), so ergibt sich bei centrischer Belastung der Stütze die erforderliche Fläche F der Platte aus der Gleichung: *Centrische Belastung.*

$$\mathbf{F} = \frac{\mathbf{P}}{\mathbf{k}} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad 83)$$

Kleine gußeiserne Fußplatten ohne Rippen werden meist rund oder quadratisch ausgeführt (Fig. 170 und 171). Sie erhalten, wenn b die größte Ausladung bedeutet, unmittelbar an der Stütze die Stärke:

$$\delta_1 = \mathbf{0{,}08\, b} \sqrt{\mathbf{k}} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad 84)$$

die am äußeren Rande der Platte auf $^1/_2\, \delta_1$ ermäßigt werden kann.

Die Stärke der einfachen schmiedeisernen Platten wird:

$$\delta_1 = \mathbf{0{,}05\, b} \sqrt{\mathbf{k}} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad 85)$$

Ergeben sich nach den Gleichungen 84) und 85) Plattenstärken für Gußeisen von über 5 cm, für Schmiedeisen von über 2 cm, so ordnet man besser Verstärkungsrippen an (Fig. 172 und 173).

Bezeichnet man den größten Abstand zweier Rippen voneinander mit c, so wird die Stärke der Platte:

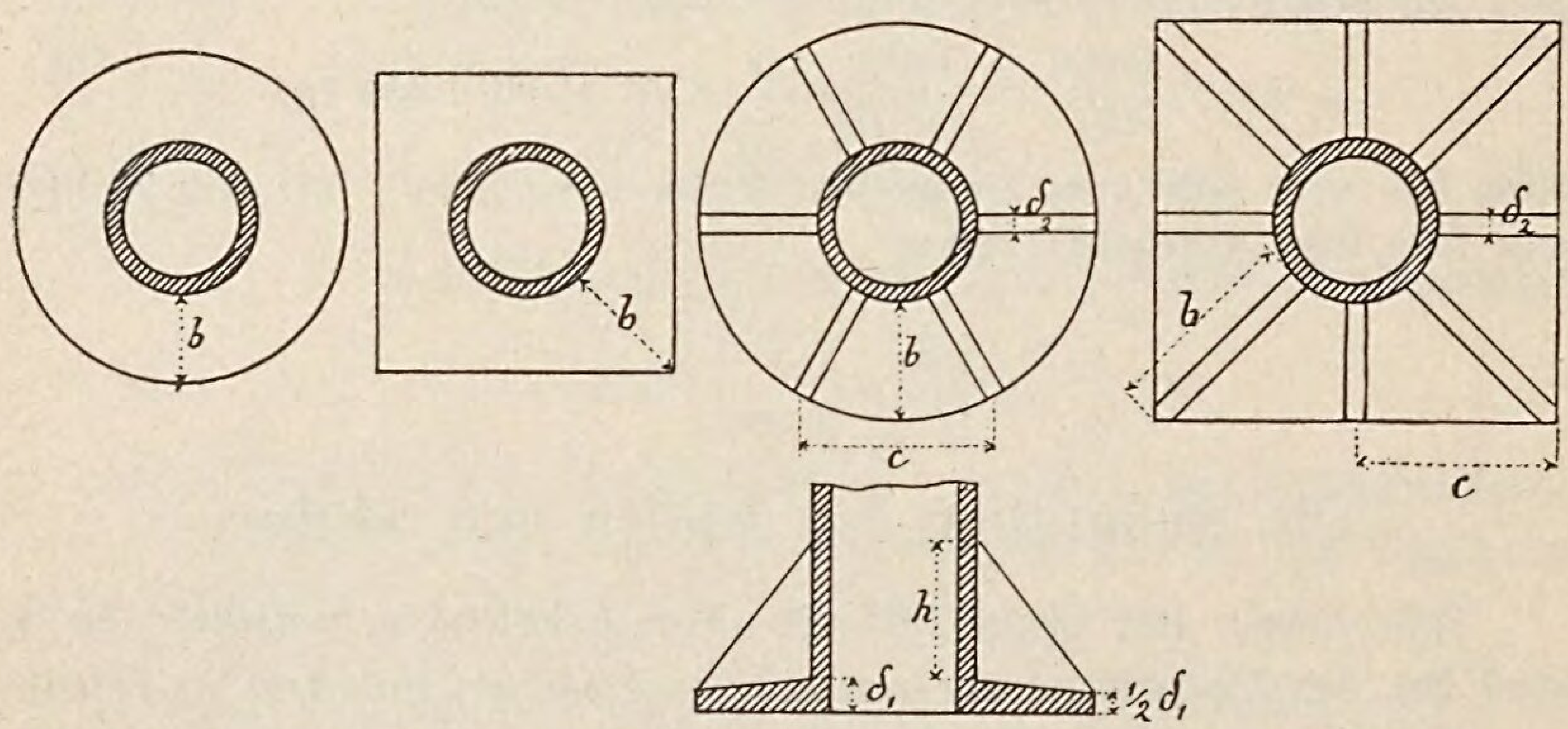
für Gußeisen:

$$\delta_1 = \mathbf{0{,}045\,c}\,\sqrt{\mathbf{k}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad 86)$$

für Schmiedeisen:

$$\delta_1 = \mathbf{0{,}026\,c}\,\sqrt{\mathbf{k}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad 87)$$

Fig. 170. Fig. 171. Fig. 172. Fig. 173.



jedoch ist δ_1 für Gußeisen mindestens 2 cm, für Schmiedeisen mindestens 1 cm auszuführen, im Falle die letzten Gleichungen kleinere Werte ergeben sollten.

Die Rippenstärke nehme man:

$$\delta_2 = \frac{2}{3}\,\delta_1 \quad \ldots\ldots\ldots \quad 88)$$

und die Rippenhöhe:

für Gußeisen:

$$\mathbf{h} = \mathbf{0{,}1\,b}\,\sqrt{\frac{\mathbf{c\,k}}{\delta_1}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad 89)$$

für Schmiedeisen:

$$\mathbf{h} = \mathbf{0{,}06\,b}\,\sqrt{\frac{\mathbf{c\,k}}{\delta_1}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad 90)$$

Die Fußplatten der centrisch belasteten Stützen mit dem Mauerwerke zu verankern, ist nicht erforderlich. Eine nach unten angebrachte Kreuzrippe der Platte, welche in eine entsprechende Nut der Unterlage eingreift, gewährt genügende Sicherheit gegen (etwa durch Stöße veranlaßte) zufällige Seitenverschiebungen.

Excentrische Belastung.

Bei den excentrisch belasteten Stützen berechne man zunächst die erforderliche Größe der Fußplatte für volle Belastung nach Gl. 83), indem man für k einen etwas kleineren Wert einsetzt, als für das Unterstützungsmaterial zulässig ist, und untersuche danach nach der Gl. 81), S. 88, ob die Kanten-

pressung k_m bei einseitiger Belastung nicht zu hoch ausfällt. Für eine quadratische Fußplatte von der Seite a erscheint die Gl. 81) in der Form:

$$k_m = \frac{R}{a^2} + \frac{6Re}{a^3} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad 91)$$

worin wieder R die Resultierende der Lasten der einseitig belasteten Stütze und e die Entfernung des Angriffspunktes derselben von der Mittelachse der Stütze bedeutet.

Die Stärke der Platte und die Rippen können dann nach den Gl. 84) bis 90) berechnet werden, wenn darin k_m statt k eingesetzt wird.

Eine Verankerung der Fußplatte ist bei den excentrisch belasteten Stützen zweckmäßig. Es genügen im allgemeinen Anker von 2,5 cm bis 3,5 cm Durchmesser.

Beispiel 1. Berechnung des Fußes für die in Beispiel 1 S. 86 behandelte gußeiserne Säule.

Es war

$$P = 32000 \text{ kg}$$
$$D = 21{,}6 \text{ cm}$$
$$d = 17{,}6 \text{ cm}$$

Für k = 12 kg (Klinkermauerwerk in Cement) wird dann nach Gl. 83):

$$F = \frac{32000}{12} = 2667 \text{ qcm}$$

Bezeichnet a die Seite der quadratisch gewählten Grundplatte, so wird, da der Kern für die innere Höhlung der Säule durchzuführen ist:

$$F = a^2 - \frac{d^2 \pi}{4}$$

$$2667 = a^2 - \frac{17{,}6^2 \, . \, \pi}{4} = a^2 - 243$$

$$a^2 = 2667 + 243 = 2910$$

$$a = 54 \text{ cm}$$

Bei 8 Rippen (Fig. 173) ist c = 27 cm, folglich nach Gl. 86):

$$\delta_1 = 0{,}045 \, . \, 27 \sqrt{12} = 4{,}2 \text{ cm}$$

und nach Gl. 88):

$$\delta_2 = \frac{2}{3} \cdot 4{,}2 = 2{,}8 \text{ cm}$$

Die größte Ausladung der Fußplatte ist:

$$b = \frac{a}{2} \sqrt{2} - \frac{D}{2} = \frac{54}{2} \sqrt{2} - \frac{21{,}6}{2} = 27{,}4 \text{ cm}$$

Daher nach Gl. 89) die Höhe der Rippen:

$$h = 0{,}1 \, . \, 27{,}4 \sqrt{\frac{27 \, . \, 12}{4{,}2}} = 24 \text{ cm}$$

Beispiel 2. Für die in dem Beispiel S. 88 berechnete Säule war:

$$P = 50000 \text{ kg}$$
$$R = 40000 \text{ kg}$$

Ferner hatte sich ergeben:

$$D = 24 \text{ cm}$$
$$d = 19{,}4 \text{ cm}$$
$$e = 4{,}5 \text{ cm}$$

Zur Unterstützung des Fußes soll ein Sandsteinquader verwandt werden, für welchen als größte zulässige Druckbeanspruchung $k = 20$ kg gerechnet werden kann.

Nimmt man bei voll belasteter Säule, also gleichmäßiger Druckverteilung $k_1 = 18$ kg, so wird:

$$F = \frac{50000}{18} = 2778 \text{ qcm}$$

folglich für eine quadratische Grundplatte mit der Seite a:

$$a^2 - \frac{d^2\pi}{4} = a^2 - \frac{19{,}4^2 . \pi}{4} = 2778$$

$$a^2 - 296 = 2778$$

$$a = \sqrt{2778 + 296} = \backsim 55 \text{ cm}$$

Nach Gl. 91) ergibt sich dann die größte Kantenpressung:

$$k_m = \frac{40000}{55^2} + \frac{6 . 40000 . 4{,}5}{55^3} = 19{,}7 \text{ kg}$$

Bei 12 Rippen wird $c = \frac{55}{3} = \backsim 18$ cm, folglich nach Gl. 86) die Plattenstärke:

$$\delta_1 = 0{,}045 . 18 \sqrt{19{,}7} = 3{,}6 \text{ cm}$$

Für die Rippenhöhe findet man:

$$h = 27 \text{ cm}$$

VERLAG DER J. G. COTTA'SCHEN BUCHHANDLUNG NACHFOLGER
IN STUTTGART.

DINGLERS
Polytechnisches Journal.

Unter Mitwirkung von

Professor Dr. C. Engler in Karlsruhe

herausgegeben von

Ingenieur A. Hollenberg und **Professor Dr. H. Kast.**

1895. 76. Jahrgang.
Jährlich 52 Nummern in Quart mit vielen Holzschnitten.
Preis pro Quartal 9 Mark.

Die Ziele, welche für „Dinglers Polytechnisches Journal“ während seines 75jährigen Bestandes stets massgebend waren, bleiben unverändert: „Dinglers Polytechnisches Journal“ umfasst nach wie vor alle Zweige der Technik. Es bringt in zahlreichen Originalabhandlungen und in eingehenden Berichten aus den deutschen Patentschriften, sowie aus den hervorragendsten Fachblättern des In- und Auslands eine möglichst vollständige Uebersicht der Fortschritte auf dem gewerblichen und industriellen Gebiete, aller wertvollen Erfindungen und Verbesserungen, mit einem Worte eine vollständige und erschöpfende Chronik aller bemerkenswerten Erscheinungen auf dem weiten Gebiete ausübender Naturwissenschaft, so dass man in diesem Journal selten etwas vergebens suchen wird, was als beachtungswürdig auf den betreffenden Wissensgebieten vorgekommen ist. Die Berichte zerfallen in zwei Gruppen, solche, welche sofort nach Bekanntwerden einer Neuerung erscheinen, und andererseits solche, die einen längeren Zeitraum zusammenfassen und die in ihm gemachten Fortschritte kritisch darstellen. Sie erfreuen sich wegen ihrer Unabhängigkeit und Gründlichkeit ganz besonders der Anerkennung aller Kreise der Berufswissenschaften. Durch zahlreiche Textabbildungen wird das Verständnis erleichtert, und durch ausführliche Band- und Jahresregister das sofortige Auffinden jedes Namens und jeder Materie ermöglicht.

Druck der Union Deutsche Verlagsgesellschaft in Stuttgart.

Lauenstein, Rudolf

Die Eisenkonstruktionen des einfachen Hochbaues zum Gebrauch für Schule u. Praxis

Bd.: 1

Stuttgart 1895